

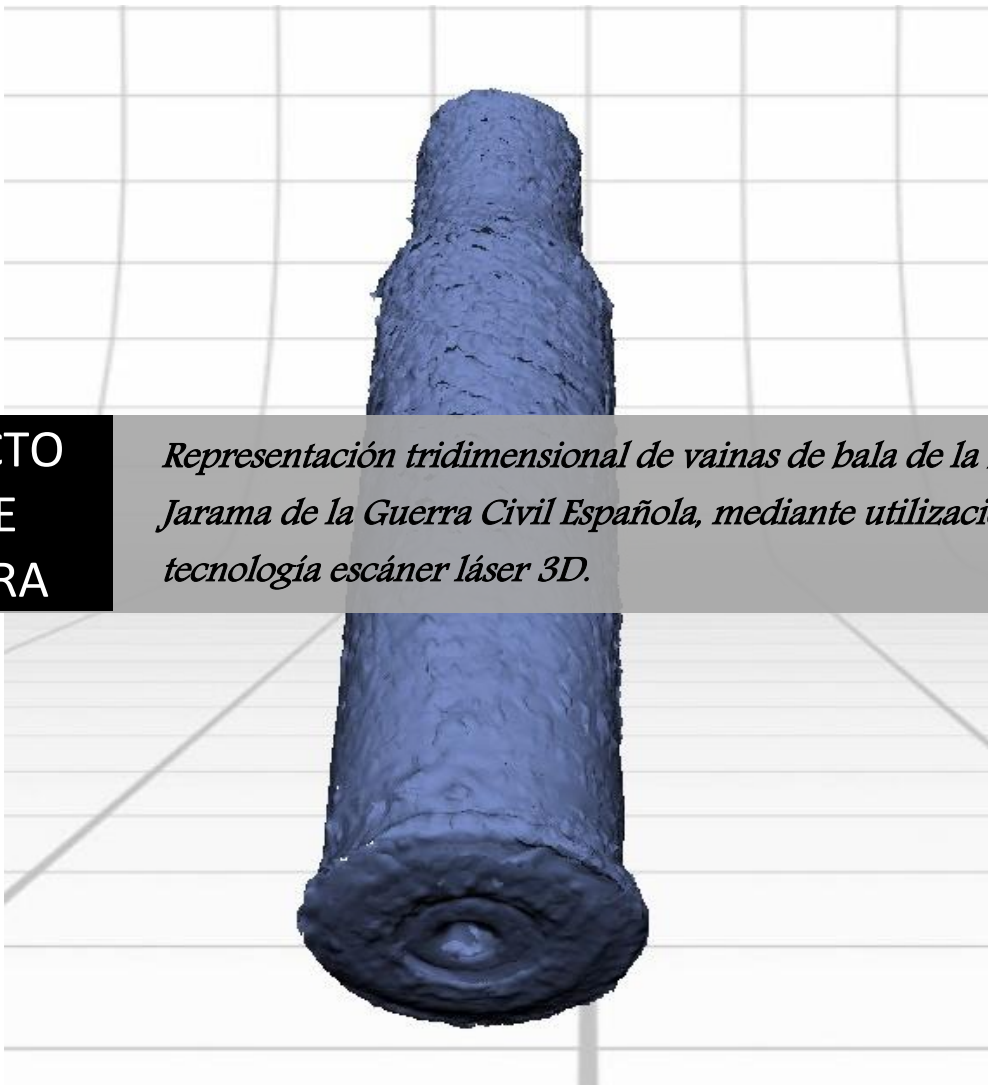


# Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía

TITULACIÓN: INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

**PROYECTO  
FIN DE  
CARRERA**

*Representación tridimensional de vainas de bala de la batalla del Jarama de la Guerra Civil Española, mediante utilización de tecnología escáner láser 3D.*



**Alumno: David Ávila Roldán**

**Tutora: Dra. Mercedes Farjas Abadía**

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 OBJETIVO	5
1.2. ESTADO DEL ARTE	5
1.2.1. Ingeniería Inversa	6
1.2.2. Construcción de Túneles	7
1.2.3. Derrumbes y hundimientos	8
1.2.4. Patrimonio	8
1.2.5. Accidentes aéreos, automovilísticos y escenas del crimen	10
1.2.6. Animación Tridimensional	12
2. EL SISTEMA ESCÁNER LÁSER 3D	13
2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO	13
2.1.1. Características del equipo escáner láser 3D	13
2.1.2. Características del software ScanStudio HD	15
2.1.2.1. Requisitos del sistema para el software	15
2.1.2.2. Introducción a la interfaz de usuario	15
2.1.3. Jerarquía del escaneado	20
2.1.4. Interfaz de escaneado	21
2.1.5. Velocidad, color y precisión	22
2.1.6. Fase previa de escaneado	25
2.1.7. Alineado, cortado y fusionado de las tomas	26
2.1.7.1. Alineado (Align)	26
2.1.7.2. Cortado (Trim)	27
2.1.7.3. Fusionado (Fuse)	28
2.1.8. Comprobación y preparación	30
2.1.8.1. Relleno (Fill)	31
2.1.8.2. Suavizado (Buff)	31
2.1.8.3. Simplificado (Simplify)	32
2.1.9. CAD	32
2.1.9.1. Orient (Orientación)	33
2.1.9.2. Seccionar (Spline)	34
2.1.9.3. Recubrir (Surface)	35
2.1.9.4. Exportación e importación de modelos 3D	36

2.1.9.4.1. Exportación	36
2.1.9.4.2. Importación	37
<b>3. PRUEBAS PRELIMINARES</b>	<b>37</b>
3.1. PRIMERAS CAPTURAS	37
3.2. ENSAYOS SOBRE DISTINTOS MATERIALES	41
<b>4. PREPARATIVOS</b>	<b>64</b>
<b>5. HISTORIA DE LAS VAINAS DE BALA</b>	<b>66</b>
6.1. CONTEXTO HISTÓRICO DE LAS VAINAS DE BALA	66
6.2. VESTIGIOS ACTUALES	73
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LAS VAINAS DE BALA</b>	<b>77</b>
6.1. Vaina Parda Grande	78
6.2. Vaina Oxidada	79
6.3. Vaina Limpia	80
6.4. Vaina Parda Pequeña	81
6.5. Vaina Curva	82
<b>7. ESCANEADO DE LAS VAINAS DE BALA</b>	<b>83</b>
7.1. ESCANEADO DE LA VAINA DE BALA PARDA GRANDE	83
7.1.1. Comprobaciones iniciales	83
7.1.2. Inicio del proceso	83
7.1.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Parda Grande	84
7.1.4. Exploración de la Vaina de Bala Parda Grande en 360°	85
7.1.5. Configuración de la toma de datos	86
7.1.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Parda Grande	88
7.2. ESCANEADO DE LA VAINA DE BALA OXIDADA	112
7.2.1. Comprobaciones iniciales	112
7.2.2. Inicio del proceso	112
7.2.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Oxidada	113
7.2.4. Exploración de la Vaina de Bala Oxidada en 360°	114
7.2.5. Configuración de la toma de datos	114
7.2.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Oxidada	115

7.3. ESCANEADO DE LA VAINA DE BALA CURVA	128
7.3.1. Comprobaciones iniciales	128
7.3.2. Inicio del proceso	128
7.3.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Curva	129
7.3.4. Exploración de la Vaina de Bala Curva en 360°	129
7.3.5. Configuración de la toma de datos	130
7.3.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Curva	131
8. RESULTADOS	153
8.1. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA PARDA GRANDE	153
8.2. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA OXIDADA	154
8.3. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA CURVA	155
9. ANALISIS MÉTRICO	156
9.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN MÉTRICA SOBRE MODELOS DIGITALES. MINIMAGICS	156
9.1.1. Presentación del programa Minimagic	156
9.1.2. Cálculo de la métrica de la pieza	156
9.2. VAINA DE LA BALA PARDA GRANDE CON MINIMAGICS	158
9.3. VAINA DE LA BALA OXIDADA CON MINIMAGICS	160
9.4. VAINA DE LA BALA CURVA CON MINIMAGICS	162
9.5. COMPARACIÓN DE MEDICIONES	164
10. PRESUPUESTO	165
11. CONCLUSIONES	171
12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESCÁNER LÁSER	173
13. BIBLIOGRAFÍA	174



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente Proyecto Fin de Carrera (PFC) consiste en obtener la representación tridimensional de vainas de bala de la batalla del Jarama de la Guerra Civil Española, mediante la utilización de tecnología escáner láser 3D.

Se plantea en segundo lugar el análisis del comportamiento del escáner y de la modelización 3D en relación al material de las vainas y la corrosión que se ha producido en ellas.

Se realizaron ensayos con vainas y puntas de balas de materiales metálicos de mayor o menor complejidad y se concluye con el estudio de las diversas vainas de bala de la Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española seleccionadas para este trabajo.

El modelo se obtendrá con una precisión interna de  $\pm 1$  mm.

### 1.2. ESTADO DEL ARTE

La tecnología de adquisición masiva de datos mediante el empleo del sistema laser tridimensional es, a día de hoy, un mundo en plena expansión y con innumerables campos donde poder estar presente gracias a sus enormes prestaciones.

Entre las aplicaciones en las que se puede trabajar con un equipo escáner laser, se plantean en primer lugar sus aplicaciones topográficas, ya que son con las que más familiarizados estamos. Este sistema de trabajo puede aportar un valor añadido importante en aplicaciones cotidianas tales como levantamientos topográficos, de taludes, presas, túneles, carreteras, viaductos, etc. Además también se aplica en levantamientos de plantas industriales, instalaciones, construcción naval, sistemas de tuberías, plataformas marítimas, preservación histórica, forenses, militar, captura de realidad, arqueología, etc.

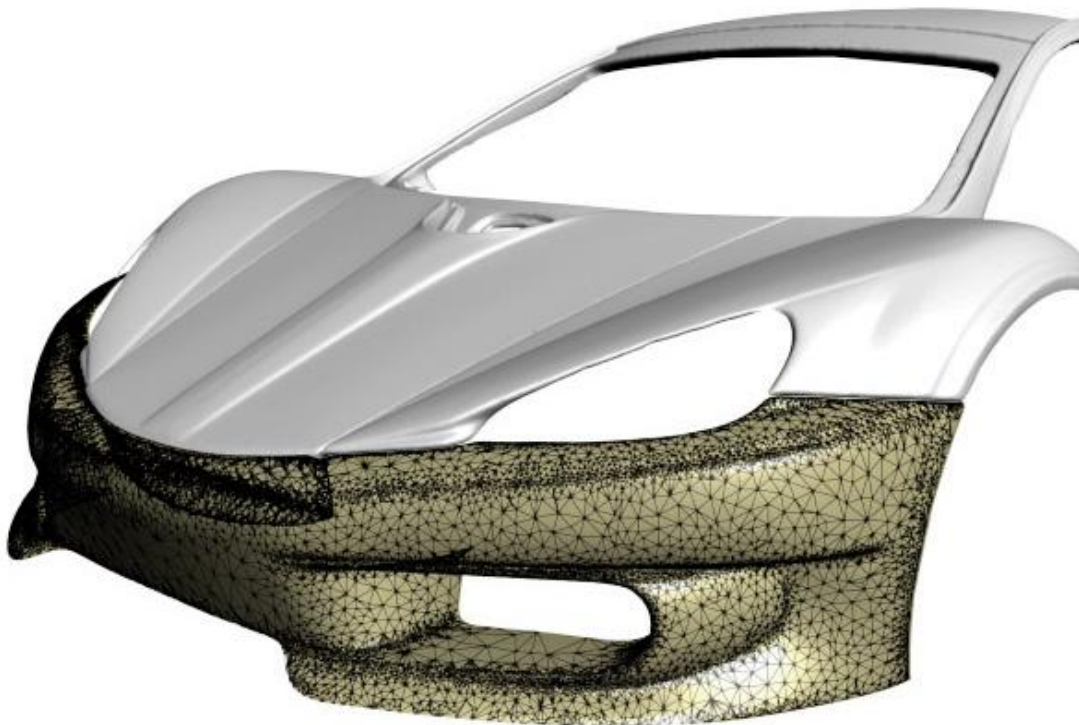
Los levantamientos topográficos por medio del equipo escáner láser tridimensional se usan también en escenas de crímenes, atentados o accidentes, permitiendo obtener una documentación topográfica del lugar y de los objetos presentes de forma exhaustiva, incluyendo información métrica (tridimensional) e imágenes (bidimensional). Estos levantamientos se obtienen en un corto espacio de tiempo, lo que facilita la normalización de la circulación en el caso de accidentes, o el inicio de las reparaciones en cortos periodos de tiempo.

En este PFC se utilizaron la tecnología laser escáner para la modelización de piezas de pequeño tamaño. Algunas de las aplicaciones y fines de esta tecnología son los siguientes.

### 1.2.1. Ingeniería inversa

La ingeniería inversa consiste en obtener la geometría completa de una pieza real, sin necesidad de contar previamente con sus planos técnicos. Se trata de adaptar a esta geometría los sistemas CAD/CAM/CAE para que, una vez integrada en estos sistemas, se pueda obtener el rendimiento de todas las operaciones que se ofrecen y obtener así, la geometría completa de una pieza determinada. Las operaciones en sí son el modelado, mecanizado y análisis.

De igual modo esta técnica es también un proceso de duplicación de objetos, sin la ayuda de documentación técnica que contiene las especificaciones de diseño y fabricación. El objeto en cuestión puede ser una pieza, un componente o un sistema. La ingeniería inversa tuvo en sus orígenes esta finalidad, la del copiado o duplicado, pero hoy en día ofrece también otras aplicaciones interesantes para su utilización en diversos ámbitos o campos de trabajo.



**Ilustración 1 – Ingeniería inversa aplicada en el diseño de un automóvil**

El proceso de la ingeniería inversa comprende todo un abanico de técnicas y métodos, por lo que precisa de un variado sistema de software, cada uno con características que lo hacen adecuado para una parte determinada del proceso, siendo necesario a su vez, una alta capacidad de almacenaje en el hardware debido a la gran cantidad de datos y peso de los mismos que serán obtenidos en estos trabajos.

### 1.2.2. Construcción de túneles

La tecnología escáner láser ofrece numerosas ventajas durante la construcción y el mantenimiento de túneles. La documentación para el trabajo subterráneo se puede acelerar de manera sustancial y las superficies del túnel se pueden medir directamente después de la perforación o directamente trabajando detrás del protector de la máquina tuneladora que realiza el perforado.

Un ejemplo en el levantamiento de túneles, lo aporta la empresa de servicios topográficos TOYSER de Barcelona, que se encarga de gran parte de los trabajos de topografía en el Metro de la ciudad. Esta empresa considera una ventaja la captura de datos masiva que le proporciona el sistema escáner láser tridimensional, para la posterior extracción de los perfiles transversales.

En la realización del trabajo de un túnel de Metro, la toma de detalle es importantísima debido a la cantidad de servicios que existen en el proyecto a desarrollar.

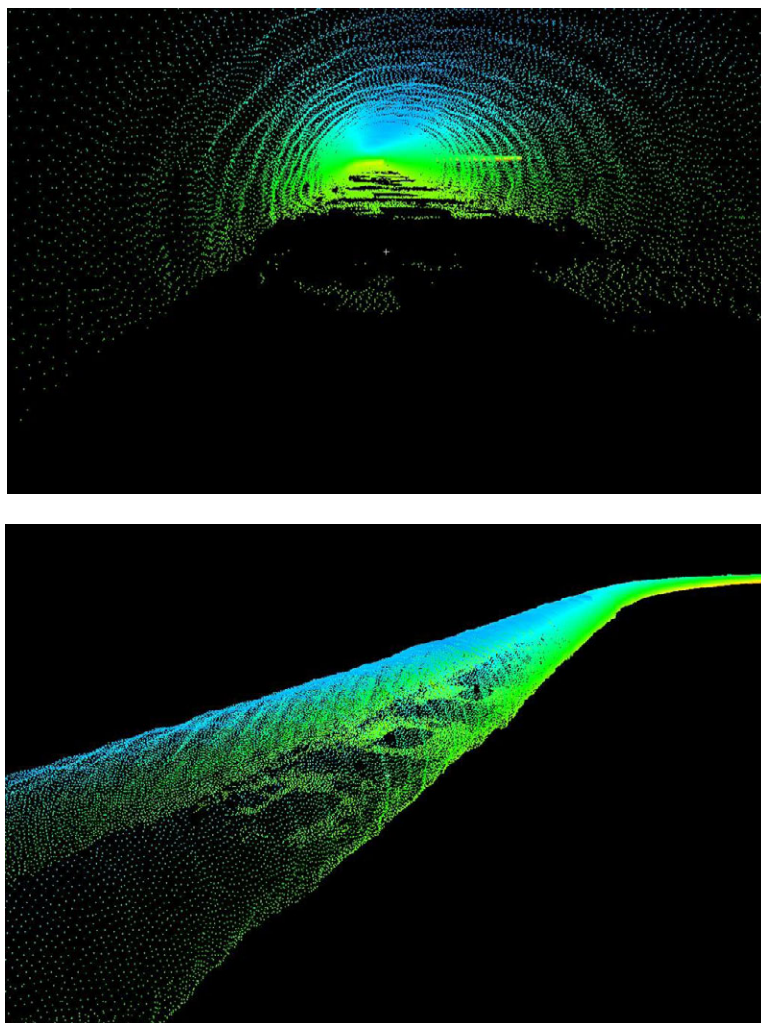


Ilustración 2 /3 – Vistas diferentes de una misma nube de puntos generados por escáner en túnel

### 1.2.3. Derrumbes y hundimientos

La técnica de modelización tridimensional se ha tenido en cuenta en el estudio de derrumbes y hundimientos, debido a la gran captación de información que se puede obtener con ello en una pequeña cantidad de tiempo respecto de otros métodos, más laboriosos y tardíos.

Este apartado de la aplicación del escaneado 3D es muy útil ya que se puede obtener en poco tiempo mucha información que puede esclarecer las causas de un derrumbe o hundimiento.

Por otro lado, esta tecnología también puede aportar datos sobre la situación del terreno en el caso de haberse producido un temblor de tierra, ayudando así, al análisis y toma de las decisiones óptimas para la reconstrucción de las infraestructuras que pudieran haberse visto afectadas por estos fenómenos.

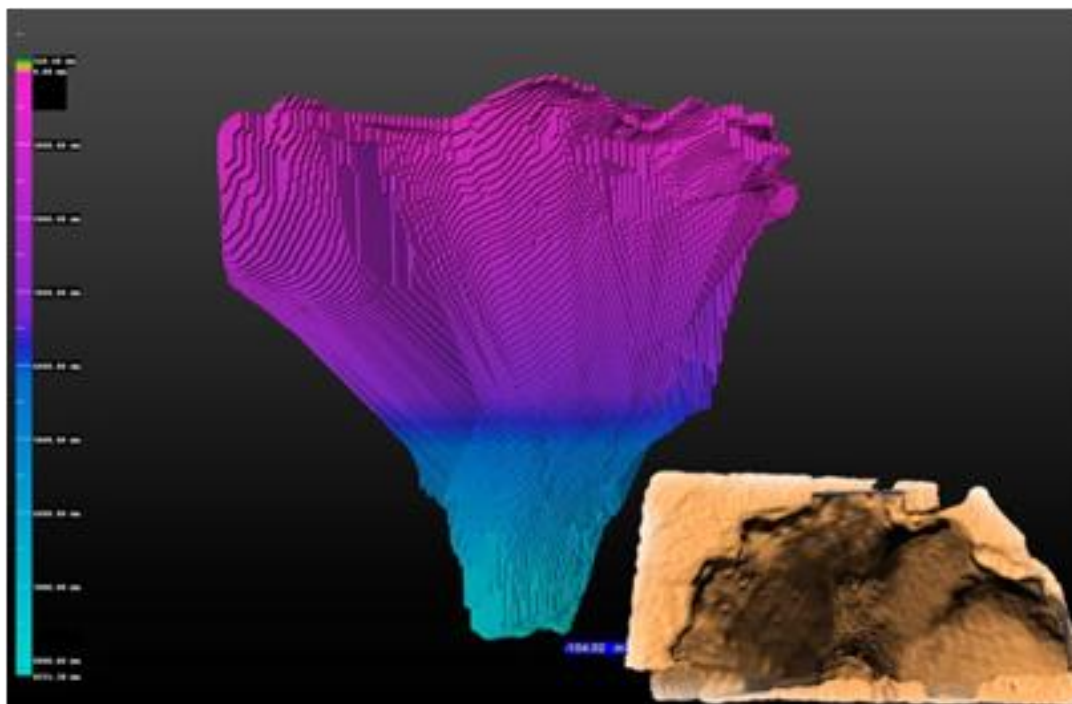


Ilustración 4 - Levantamiento 3D de un derrumbe

### 1.2.4. Patrimonio

Los sistemas de documentación de bienes históricos han avanzado al compás de las tecnologías disponibles en cada momento.

La necesidad de conseguir un procedimiento que proporcione datos precisos de una manera eficaz y productiva ha forzado a seguir de manera muy próxima los avances técnicos disponibles en cada momento.

El trabajo de los dibujantes se complementó, en una primera fase, con la fotografía química y con la fotogrametría. Hoy en día, la tecnología escáner láser, aporta numerosos beneficios a los procesos de documentación de los sistemas tridimensionales.

Debido a la elevada densidad de información que podemos capturar con estos sistemas, unido a la gran precisión de las medidas individuales, es posible detectar pequeños cambios en la forma de grandes elementos, como puede ser el abombamiento del sustrato de un fresco en una cúpula, o el pandeo de una fachada.

Los sistemas de medición tridimensional suponen un complemento eficaz en las operaciones de documentación de los bienes patrimoniales, especialmente por la flexibilidad y rendimiento que proporcionan. Así mismo la capacidad de obtener información permite acortar los plazos de los proyectos, así como aumentar la calidad de los mismos. Características como la medición sin contacto y a distancia, y la nula alteración del objeto analizado hacen que en determinadas ocasiones estos sistemas sean la única alternativa viable.



Ilustración 5 – Escaneado de alta precisión de una vasija



Otro ejemplo de la utilización de esta tecnología es el levantamiento de fachadas de edificios. Estos procedimientos permiten, con los escaneados que sean necesarios para cubrir toda la superficie de la fachada, poder tener un modelo tridimensional que permita realizar las operaciones necesarias para su estudio en un periodo de tiempo más reducido que por los métodos topográficos tradicionales.



*Ilustración 6 – Levantamiento de una pirámide maya con equipos escáner láser 3D*

#### 1.2.5. Accidentes aéreos, automovilísticos y escenas del crimen

Otro caso que demostró la validez y utilidad de los sistemas de escaneo láser en sus inicios fue el desplome del trasbordador espacial americano Columbia en febrero de 2003.

La NASA y Boeing, organizaciones a cargo del mantenimiento del trasbordador espacial, realizaron el escaneado de todas las piezas que se encontraron de la aeronave, utilizando instrumentos escáner láser y la reconstruyeron por completo para poder analizar las causas del accidente.

Con anterioridad la NASA y Boeing habían adquirido varios sistemas de escaneado láser tridimensional que permitieron obtener un modelo tridimensional actualizado y real del transbordador. Este primer escaneado se utilizó para la reconstrucción posterior del accidente.



*Ilustración 7 – Restos del transbordador espacial Columbia*

Este mismo tipo de estudio se puede realizar cuando existen accidentes de circulación o en escenas de crímenes. El equipo escáner láser aporta un registro numérico prácticamente exhaustivo de los hechos en un instante preciso. Esto puede servir para confirmar o desechar las diferentes hipótesis emitidas por los investigadores.

La demostración de la culpabilidad o la inocencia de los sospechosos en los tribunales se puede facilitar a través de estos estudios tridimensionales. En caso de litigio, los datos recuperados con escáner láser tridimensional pueden aportar elementos adicionales para la comprensión de los hechos. Por ello se utilizan sistemas de escaneado láser tridimensional para efectuar los levantamientos topográficos de accidentes de automóvil, para posteriormente analizar las causas del mismo.



Ilustración 8 – Modelo tridimensional de un coche accidentado

#### 1.2.6. Animación tridimensional

Hoy en día existen gran cantidad de películas cuyos efectos especiales se hacen con equipos escáner láser tridimensional, habiéndose introducido así también en el mundo de la cinematografía. Esta tecnología está, desde hace ya unos años, a la orden del día en la producción de películas y es muy utilizada por los cineastas.

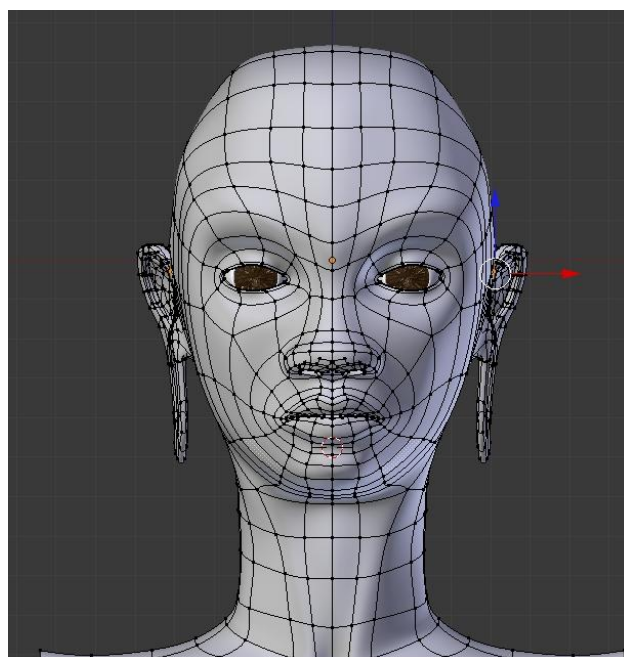


Ilustración 9 – Imagen tridimensional de película 3D



## 2. EL SISTEMA ESCÁNER LÁSER 3D

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

El escáner 3D utilizado en este proyecto es de la compañía NextEngine. Con el equipo se pueden realizar capturas de objetos en tres dimensiones a todo color mediante un sistema multi-láser de precisión.

El escáner incluye un software propio de procesamiento de datos llamado ScanStudio HD que permite realizar la exploración, alineación, fusión, depurado de las imágenes escaneadas y la exportación en diferentes tipos de ficheros STL, OBJ, VRML, U3D, entre otros muchos formatos.

También hace posible la salida de resultados en modelos 3D para que sean compatibles con los programas de diseño más populares como son SolidWorks, 3DS Max, ZBrush, Rhino, Modo, Matemática y además permite imprimir los modelos tridimensionales con ZCrop, Stratasys y otras impresoras 3D.

#### 2.1.1. Características del equipo laser escáner 3D

El escáner 3D de NextEngine, que se muestra en la Ilustración 9, es un dispositivo de escaneo láser que utiliza múltiples láseres para escanear un objeto tridimensional, se basa en la triangulación óptica de medición 3D.

El escáner está formado por dos componentes básicos, el primero es la unidad del escáner principal y el segundo el auto-posicionador.

Las dimensiones del escáner son 224 mm de largo, 91 mm de ancho y 277mm de alto (224 x 91 x 277mm). El escáner de sobremesa contiene óptica láser, cámaras y equipos de procesamiento.

Utiliza matrices de cuatro clases 1M 10 mW (650nm de longitud de onda), láseres de estado sólido y dobles sensores de imagen CMOS RGB de 3.0 megapíxeles, para capturar la geometría y las texturas de color de un objeto. La iluminación de estudio incluye iluminadores de luz blanca con tri-fósforo, para toda la gama de colores.

No hay ningún límite preestablecido para el objeto. La velocidad de adquisición es de 50.000 puntos/seg. Hay dos modos de escanear: “wide” y “macro”. La elección del modo depende tanto del tamaño del objeto como de las resoluciones de los archivos de salida.

El área visible para el modo “macro” es de 130 x 97mm, la distancia entre el objeto y el escáner es alrededor de 178mm, el área visible para el modo “wide” es de 343 x 256mm y la distancia de alcance es de unos 406mm.

La resolución, la textura de color y la exactitud de estos dos modos son también diferentes. El modo “macro” utiliza 200 ppp de resolución y 400 ppp de densidad de puntos sobre la superficie y una precisión de  $\pm 0,127$  mm. En el modo “wide” sólo se alcanza una resolución de 75 ppp, una densidad de 150 ppp y una precisión de  $\pm 0,381$ mm.



Ilustración 10 – Equipo escáner láser y auto-posicionador NextEngine

El auto-posicionador es un plato giratorio controlado por el software NextEngine ScanStudio HD. A pesar de que tiene una limitación de peso del objeto de 9 kg, es muy estable y útil cuando se necesita la opción de escaneo de 360º.

El auto-posicionador proporciona una serie de posiciones (un conjunto de intervalos de rotación) para un objeto tridimensional, girándolo cada vez que escanea un sector. Este proceso produce varias secciones de la digitalización en 3D.

Después de la digitalización de 360º, las secciones se pueden alinear como un objeto entero utilizando el software de NextEngine, ScanStudio HD.

La conexión entre el escáner y el ordenador se realiza mediante un puerto USB 2.0., y la del auto-posicionador y el escáner se realiza mediante un conector RJ-42.

### 2.1.2. Características del software ScanStudio HD

#### 2.1.2.1. Requisitos del sistema para el software

Es muy importante tener un potente ordenador para el correcto funcionamiento del equipo y del software, ya que el escáner 3D es un dispositivo de alta resolución que captura rápidamente muchos millones de puntos y píxeles.

La Tabla 1 muestra los requisitos del sistema para el Software ScanStudio HD de NextEngine:

	REQUISITOS MÍNIMOS	CONFIGURACIÓN RECOMENDADA
CPU	2GH PC	Dual Core CPU
RAM	2GB RAM	4GB RAM
TARJETA GRÁFICA	128 MB	512 MB
SISTEMA OPERATIVO	Windows XP	Windows XP64 (modo 32 bit)
USB	USB 2.0	USB 2.0 Powered Hub
MEMORIA	10 GB de Disco Duro	Más de 10GB de disco

Tabla 1 – Requisitos para el software

#### 2.1.2.2. Introducción a la interfaz de usuario

La Ilustración 10 presenta la pantalla principal de NextEngine ScanStudio HD cuando el programa se arranca.

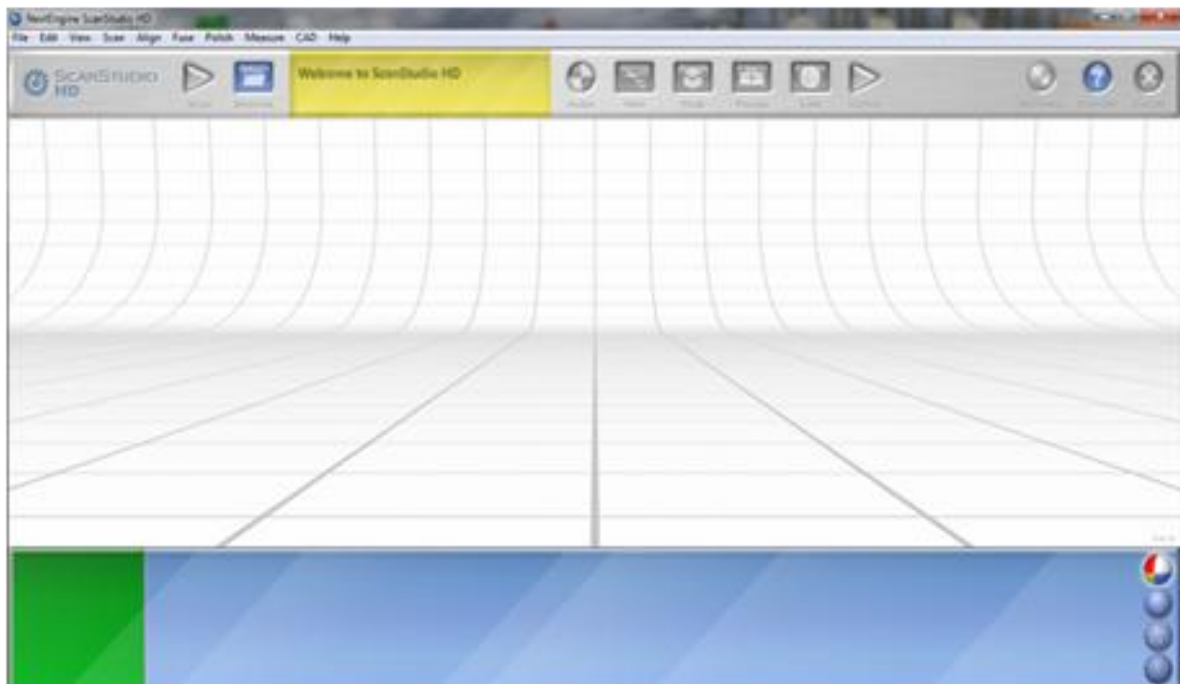


Ilustración 11 – Pantalla principal de ScanStudio HD

### A) Menú de control

El menú de control tiene dos áreas. Una es el Menú de Control Principal (Ilustración 11), la otra es el Menú de Opciones (Ilustración 12). Tal y como se muestra en las ilustraciones 11 y 12, el usuario puede controlar el escaneado y el proceso eligiendo las distintas opciones del menú.



Ilustración 12 – Menú de Control

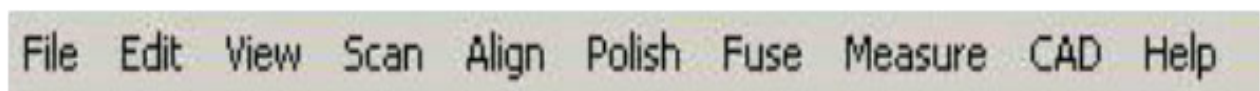


Ilustración 13 – Menú de Opciones

El usuario puede también elegir los procesos que desea realizar, seleccionando la opción deseada en los botones gráficos del menú de control principal (Ilustración 13):



Ilustración 14 – Menú de Control Principal

- **Browse:** Opciones de archivo, el botón “Browse” es utilizado para abrir, guardar, importar y exportar archivos.
- **Align:** Se utiliza para alinear las diferentes tomas de escaneo de una misma pieza con el fin de que se formen y compilen en el orden correcto.
- **Trim:** Esta orden es empleada para eliminar ruido en las imágenes escaneadas: En primer lugar se realiza una selección y posteriormente se cortan “o eliminan” las partes innecesarias de las piezas escaneadas.
- **Fuse:** Para fusionar las piezas alineadas como un objeto entero.
- **Polish:** Permiten al usuario refinar el modelo, rellenando posibles agujeros existentes en el objeto, realizando una operación de pulido o suavizado para todas aquellas superficies que así lo requieran.
- **CAD** utilizado para preparar el modelo escaneado con las propiedades y dirección tridimensional deseada para exportar a extensión CAD.

La siguiente Ilustración muestra los restantes componentes del menú de control



Ilustración 15 – Otros componentes del menú de control

- **a.** El botón enlaza con la web oficial de NextEngine.
- **b.** Al hacer clic en el botón MODE, la ventana del visor mostrará el objeto en diferentes modos.

En la versión actual de ScanStudio NextEngine HD, los cuatro botones de Modo están en el lado derecho de la barra de miniaturas. SUPPORT es un botón de conexión a la NextWiki, Centro de Apoyo, como la opción de menú Ayuda.

Cuando se plantean algunos problemas que deben ser abordados, aparecerá automáticamente, el wiki mostrará los errores y ejecutará automáticamente un tutorial de NextEngine ScanStudio HD.

También permite actualizaciones del software. Al hacer clic en el botón CLOSE el archivo actualmente en ejecución se cerrará.

- **c.** Corresponde a la ventana de procesamiento. Normalmente se muestra el nombre del archivo. También muestra los detalles de procesamiento cuando el proceso está siendo ejecutado.
- **d.** El botón de escaneo. Si el hardware del escáner 3D está disponible y conectado correctamente, está en color verde, de lo contrario estará de color gris.

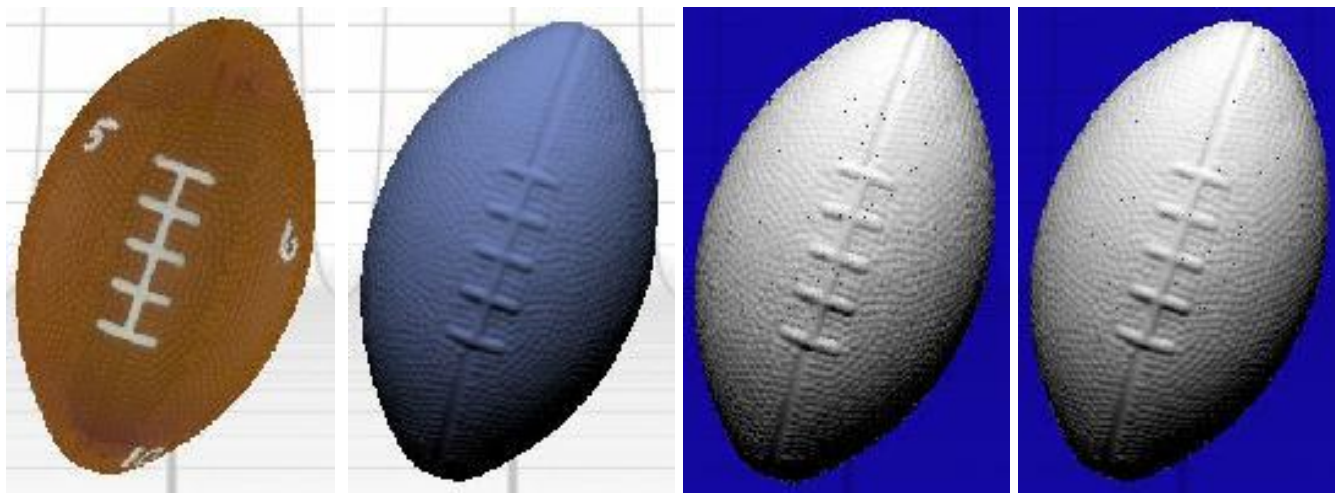
## B) Ventana del visor de objetos

La ventana del visor de objetos tiene cuatro modos de visualización accesible pulsando el botón MODE botón (Ilustración 15).



Ilustración 16 – Botón MODE, cuatro maneras de ver el objeto



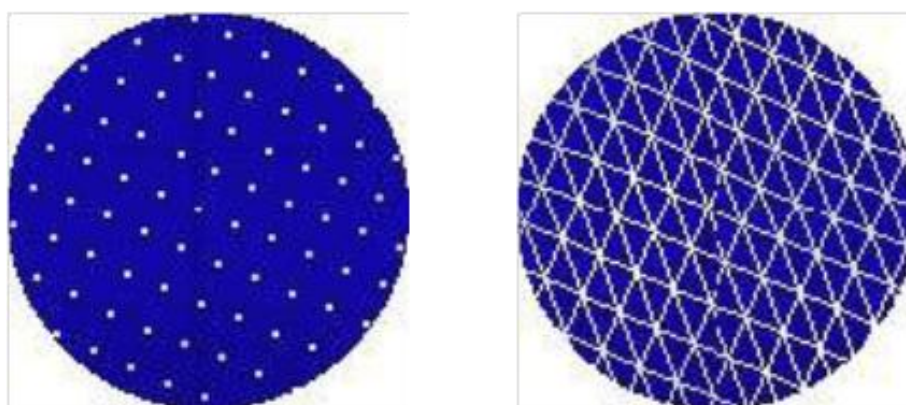


**Ilustración 17 – Diferentes modos de visualización del objeto. De izquierda a derecha: textura, sin textura, triangulación y puntos**

El primer modo de visualización muestra el objeto con textura, mientras que el segundo muestra el objeto sin textura, como una superficie.

El tercer modo de visualización presenta la forma del objeto con polígonos y finalmente el cuarto modo muestra la forma del objeto con puntos (Ilustración 16).

Para facilitar la visualización, los modos tercero y cuarto se presentan con un color azul de fondo de pantalla. Otro ejemplo de visualización de estos modos se muestra en la Ilustración 17.



**Ilustración 18 – Detalle del modelo de visualización en malla y punto**

El ratón se puede utilizar para mover el objeto en diferentes direcciones arrastrándolo y también para acercar y alejar el modelo. Arrastrando el botón derecho del ratón horizontalmente en los espacios vacíos, se podrán ver los detalles de los objetos.

### 2.1.3. Jerarquía del escaneado

Cada exploración crea una familia de imágenes. La primera familia creada para el modelo se denominará A, la segunda B, y así sucesivamente.

Los miembros de una familia de exploración son numeradas como N1, N2, N3, etc., donde N es la letra de identificación de la familia. La Ilustración 18 muestra la organización de las exploraciones de un modelo creado a partir de un análisis de 360º con seis divisiones, seguido de otro análisis de tres divisiones y un último análisis sin divisiones.

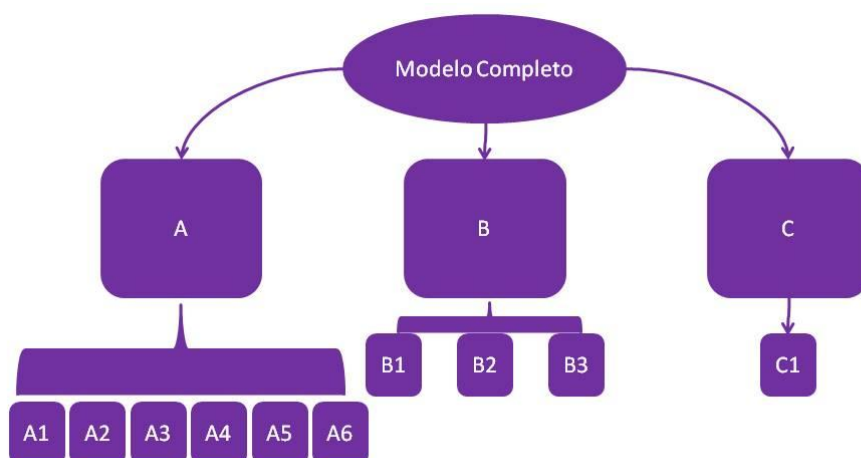


Ilustración 19 – Ejemplo de jerarquía de escaneado

Cuando se termina una exploración multi-división, la familia queda representada por una imagen en miniatura en la barra verde y azul en la parte inferior de la pantalla. Para acceder a los distintos miembros de una familia, se debe hacer doble clic en la miniatura de la familia. Las otras familias, en caso de que las hubiere, desaparecen y la barra muestra el nivel inferior de la jerarquía, donde cada miembro de la familia está representado por la imagen en miniatura correspondiente. Se puede volver al nivel de la familia, haciendo clic en la palabra Up junto al primer miembro de la familia.



Ilustración 20 – Ventana donde se muestran las familias y las tomas de una familia



Cuando los miembros de una familia están alineados aparecen en la zona verde. En ese caso, si se desea aislar uno de los miembros individuales de la edición, primero hay que separarlo arrastrando su miniatura a la zona azul.

El miembro seleccionado puede ser devuelto a su familia arrastrándolo de nuevo en la zona verde. Hay que tener en cuenta que si un miembro se separa de una familia, es excluida de las operaciones que se aplican a la familia, como una fusión, una regeneración, etc.

#### 2.1.4. Interfaz de escaneado

Pulsando el botón “SCAN” accedemos al menú principal de escaneado (Ilustración 20).

En la parte superior de la pantalla aparece el botón “BACK” en color azul, una ventana en color amarillo, unos botones de direccionamiento y el botón de comienzo de escaneo que se describe a continuación (Ilustración 21).



Ilustración 21 – Botón SCAN



Ilustración 22 – Menú de control del escaneado

- a. La ventana “a” de color amarillo muestra el nombre del modelo que se está escaneando. El usuario puede cambiar este nombre pulsando dentro del recuadro, junto a la palabra MODEL.
- b. Los botones de rotación “b” hacen girar la plataforma del auto-posicionador para colocar el objeto que se vaya a escanear en la posición deseada por el usuario.
- c. Los botones de direccionamiento “c” realizan un movimiento de la ventana de encuadre hacia derecha e izquierda para fijar dentro de la misma el objeto que se vaya a escanear.
- d. El botón “BACK” se utiliza para volver al menú principal.

En relación con los modos de escaneado, existen tres tipos:

- **Single.** Es el más rápido y escanea solo una parte del objeto, desde un solo ángulo.
- **Bracket.** Puede escanear el objeto desde tres ángulos continuos, el grado de rotación está controlado por la división numérica seleccionada por el usuario. El resultado serán tres imágenes escaneadas que habrá que alinear y pertenecerán a una nueva familia.
- **360°.** Escanea el objeto completo desde todos los ángulos.

El grado de rotación entre escaneados y el número total de tomas es controlado por el número de divisiones.

Por ejemplo:  $360^\circ / n^\circ \text{ de divisiones} = \text{Grado de rotación}$ .

Un escaneo completo conforma una nueva familia de escaneo.



Ilustración 23 – Tres diferentes modos de escaneado seleccionables

### 2.1.5. Velocidad, color y precisión

Características muy importantes del escaneado son la precisión y la velocidad con las que se realicen las tomas, de la decisión que tomemos en cuanto a estas características dependerá el resultado final que podamos obtener en nuestro trabajo referido a la calidad del mismo.

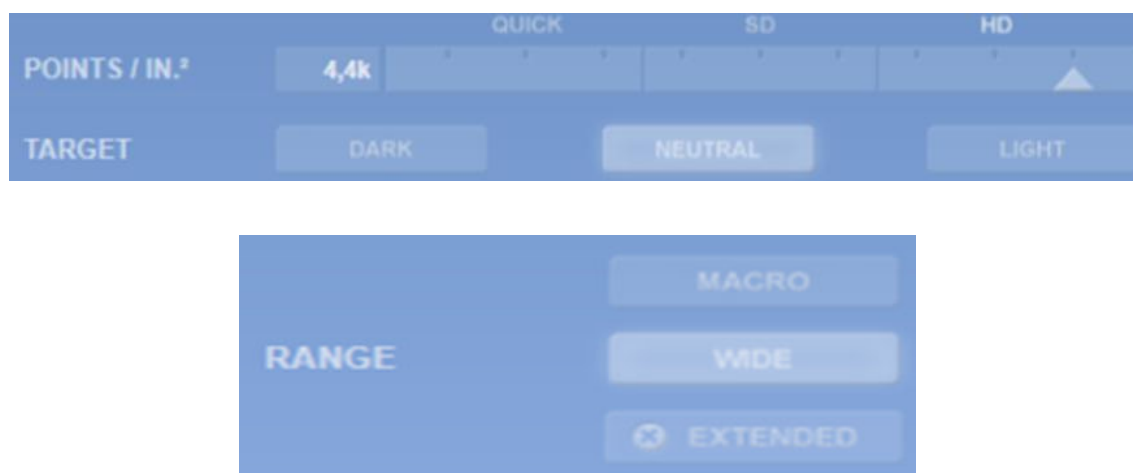


Ilustración 24 – Precisión y velocidad seleccionables

**Velocidad.** Hay tres velocidades de escaneo diferentes: QUICK, SD y HD. Las propiedades de la velocidad dependen del tiempo de escaneo y de la calidad deseada.

Cada uno de estos modos está subdividido en tres posibles posiciones y según en cuál de ellos nos situemos obtendremos un tiempo y precisión distinta.

La ventana de color amarillo en el panel de control mostrará también el tiempo aproximado total para diferentes modos de velocidad.

**Color.** Se trata del control para ajustar el color del objeto que se va a escanear. Tiene tres posiciones: DARK, NEUTRAL, LIGHT. Se ha de tener en cuenta los siguientes parámetros antes de escanear un objeto: la posición DARK se debe seleccionar para los objetos muy oscuros para que el tiempo de exposición sea máximo. Para los objetos completamente claros el valor que se ha de fijar deberá ser LIGHT.

**Precisión.** Hay dos modos de precisión que se eligen en función de la distancia de escaneo: “Macro” y “Wide”. La elección la determinará el tamaño del objeto y la resolución deseada.

**Macro** = 0,127mm de precisión, el campo de visión es de 76x127mm. El objeto se coloca a una distancia del escáner de 165mm.

**Wide** = 0,381mm de precisión, el campo de visión es de 254x330mm. El objeto se coloca a una distancia del escáner de 432mm.

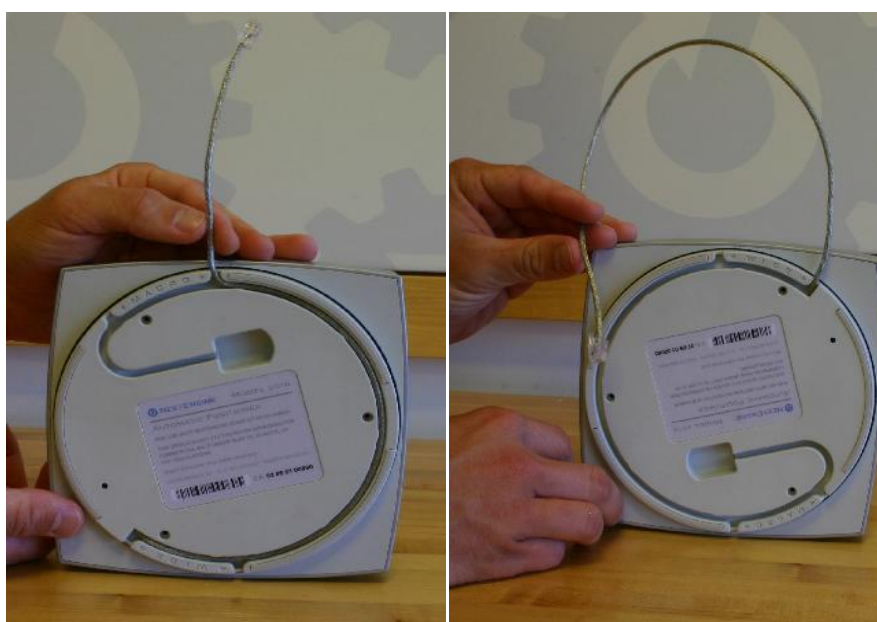


Ilustración 25 – Izquierda: modo MACRO. Derecha modo WIDE

El siguiente diagrama de flujo muestra el orden en que se utilizarán las herramientas del programa para escanear un objeto y obtener un modelo tridimensional del mismo:



Ilustración 26 – Diagrama de flujo del proceso

### 2.1.6. Fase previa de escaneado

Una vez que el programa esté instalado en el ordenador y el escáner esté conectado, hay que asegurarse de que todos los componentes necesarios estén disponibles para realizar el escaneo. Estos componentes son:

- Ordenador con el programa ScanStudio NextEngine HD instalado.
- El escáner 3D NextEngine de sobremesa.
- El cable USB.
- El cable de alimentación.
- El Auto-posicionador.
- Varilla porta base.
- Conector del Auto-posicionador.

Los pasos de la conexión son los siguientes:

- Conectar el cable de alimentación al escáner.
- Conectar el cable USB al puerto USB del ordenador y en la parte trasera del escáner.
- Introducir la varilla porta-base en una de las cuatro esquinas del auto-posicionador.
- Introducir el plato base y la pinza soporte en la varilla porta-base, apretando los tornillos prisioneros correspondientes a cada una de las partes.
- Conectar el auto-posicionador en el escáner.

Después de preparar el trabajo anterior, se deben marcar algunos puntos en el objeto si esto fuera posible, o en su defecto, utilizar elementos auxiliares que aparezcan en las tomas, por ejemplo una regla graduada. Estos elementos auxiliares serán útiles para facilitar el proceso de alineación que se realizará más adelante.

Se colocará el objeto auxiliar en el escenario de escaneado. Para la opción de precisión "WIDE", la distancia entre el objeto y el escáner es aproximadamente de 40-50 cm, mientras que para la opción "MACRO", la distancia será de 16 cm aproximadamente. Cuando esté todo preparado, se abrirá el programa ScanStudio NextEngine HD y la ventana de escaneado. Por último, antes de fijar las propiedades de escaneo, se actuará sobre el comando de rotación y direccionamiento para comprobar que todo el objeto esté dentro de la ventana del visor de escaneo y del alcance del rayo láser.

Una vez comprobado que la totalidad del objeto queda dentro de la ventana del visor de escaneo, se pulsará el botón SCAN y los rayos rojos del escáner comenzarán a recorrer toda la superficie del objeto de estudio. Cuando se termine una toma, el auto-posicionador girará los grados determinados y realizará la segunda toma. Este proceso se realizará el número de veces que se haya definido previamente.

## 2.1.7. Alineado, cortado y fusionado de las tomas

### 2.1.7.1. Alineado (Align)

Una vez realizada la primera exploración, y en función del tipo de escaneado elegido obtendremos una o varias tomas del objeto en la parte inferior de la pantalla.

Cada una de ellas representa un miembro de la familia o una toma del escaneo. Debemos alinear cada una de esas tomas para obtener una imagen tridimensional del escaneo realizado.



Ilustración 27 – Botón ALINEAR

Si el objeto no tuviera marcas naturales en su superficie que nos permitieran utilizarlas posteriormente como puntos identificativos entre las diferentes tomas para realizar la alineación, deberíamos realizar unas marcas artificiales en el propio objeto para facilitar una correcta alineación.

Para llevar a cabo la alineación de una familia de tomas, se elegirán dos imágenes miniatura en la parte inferior, una por defecto en la casilla de color verde y otra en la casilla de color azul. Una vez seleccionadas las dos miniaturas se pulsará el botón de alinear.

En la pantalla aparecerán ampliadas ambas imágenes, y nuestra misión ahora consistirá en localizar al menos tres puntos homólogos en ambas imágenes y marcarlos con las bolitas (pins) de colores que aparecen en la parte superior derecha de cada una de las imágenes. Una vez que se hayan identificado y marcado al menos los tres puntos en ambas imágenes, se pulsará la orden “Attach Scans” dentro de la ventana de color amarillo en el panel principal.

En ese momento darán comienzo los cálculos de alineación entre todas las tomas de la familia de imágenes, y se obtendrá un mensaje cuando el modelo esté alineado (“Model Aligned”). Las tomas en miniatura que anteriormente figuraban en las casillas de color azul aparecerán ahora en la zona verde, mostrando que han quedado alineadas y enlazadas.

En la parte superior del panel aparecerá una barra naranja indicando la precisión obtenida en la alineación de las familias.

### 2.1.7.2. Cortado (Trim)

Tras la alineación del primer escaneado, el objeto completo se mostrará en la pantalla junto a algunas partes innecesarias que han podido ser escaneadas con el objeto, por ejemplo alguna parte del auto-posicionador o de la pinza soporte. La herramienta "CORTAR" permite eliminar esos elementos auxiliares, y se emplea siempre después de cada alineación.



Ilustración 28 – Botón CORTAR

El menú TRIM engloba una serie de herramientas, como se muestra en la Ilustración 29, que permiten hacer la selección de las partes del objeto escaneado que se deseen eliminar. El área seleccionada cambia a color rojo y el resto permanece en su color o textura original. Una vez esté realizada y verificada la selección se pulsará la orden Trim y automáticamente se eliminarán del modelo los elementos seleccionados.



Ilustración 29 – Componentes del menú CORTAR

Las herramientas del menú TRIM son:

- Botón de navegación del ratón: es el interruptor de funcionamiento normal del ratón.
- Selector circular: dejándolo pulsado hacemos la selección de la parte del objeto que deseamos eliminar.
- Selector Cuadrado: el puntero de selección de objetos que aparece en pantalla es cuadrado.



- d. Selector de arrastre cuadrado: si dejamos el botón izquierdo del ratón pulsado y nos desplazamos por la pantalla realizaremos una captura en forma de ventana.
- e. Selector poliforma: selecciona un área mediante un dibujo de polilínea irregular.
- f. *All*: selecciona todo.
- g. *De/Select*: es el interruptor de seleccionar y de eliminar la selección.
- h. *Trim*: después de la selección se presiona este botón para eliminar los objetos.

En general, tras el primer escaneado el modelo está finalizado tras la eliminación del ruido. Sin embargo puede ocurrir que falte información de alguna parte del objeto de estudio, como la parte superior e inferior del objeto. Por este motivo se suele hacer necesario realizar al menos otros dos escaneados más en diferentes posiciones para así completar el modelo.

### 2.1.7.3. Fusionado (Fuse)

El fusionado es el medio de compilar todas las partes alineadas y libres de ruido de la pieza con el objetivo de unir los grupos de imágenes y conformar un modelo completo.

El proceso incluye los siguientes pasos:

- Inicialización.
- Analizar el modelo a fusionar.
- Procesar las exploraciones fusionadas.
- Procesar el mallado de las exploraciones.
- Reparación o fijación de agujeros.
- Regeneración de la textura de la malla.
- Simplificación de la malla.
- Fusión de texturas.

Cabe señalar que tanto la fijación y reparación de los agujeros (*holes*) como la simplificación de las mallas, también puede realizarse manualmente con la herramienta "POLISH".



Ilustración 30 – Botón de FUSION y barra de herramientas



El menú de control de *Fuse* contiene un botón de configuración, una barra deslizable de simplificación, un botón de fusión y una barra amarilla (Ilustración 29).

- La ventana amarilla: muestra el proceso de fusión y la información del archivo.
- El botón de configuración (*Settings*): Abre la ventana de configuración que se muestra en la Ilustración 30:

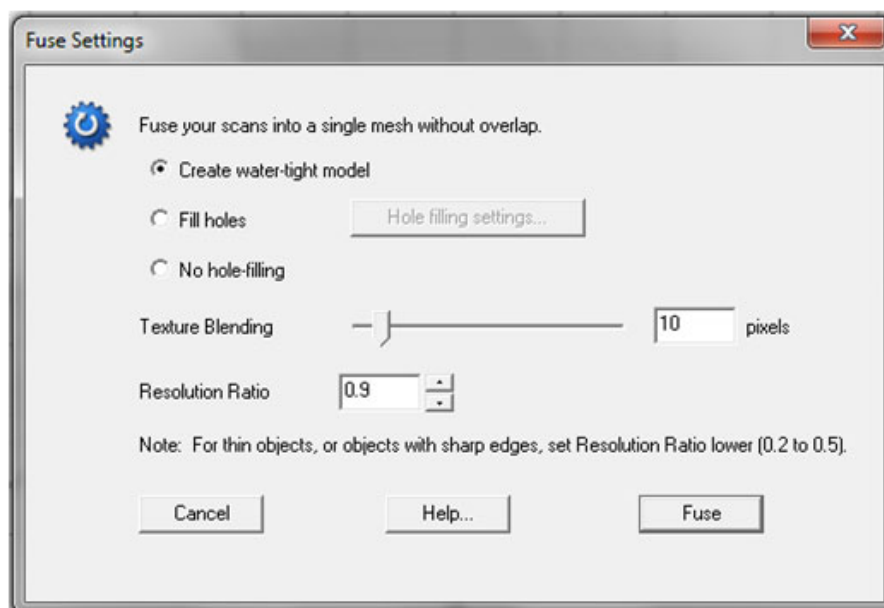


Ilustración 31 – Panel de configuración de FUSIONADO

- **Create water-tight model.** Permite crear un modelo cerrado de la pieza escaneada.
- **Fill holes.** Con esta casilla marcada se cerrarán todos los agujeros con un tamaño superior al valor que se introduzca en la configuración (*hole filling settings*).
- **No hole-filling.** Si marcamos esta casilla no se cerrará ningún agujero en el proceso de fusionado de todas las tomas.
- **Texture blending.** Es un mezclador de texturas e indica cuantos pixeles serán mezclados.
- **Resolution ratio.** Índice de resolución.
- Para objetos delgados u objetos con bordes afilados, es recomendable ajustar el índice de resolución al más bajo (entre 0,2 y 0,5).
- **Fuse.** Botón de fusionado. Se deberá ejecutar cuando estén bien definidas todas las opciones de la fusión. Cuando se pulsa el botón *Fuse*, éste cambia a un botón de parada (stop) para anular la operación de fusionado cuando el usuario lo desee.

Si un objeto tiene varias partes la fusión puede realizarse en diferentes momentos, y las partes han de compilarse una a una.

El modelo resultante de la fusión será una nueva familia en el bloque verde de la barra inferior de vistas en miniatura.

#### 2.1.8. Comprobación, preparación y mejora del objeto

Es importante la comprobación, preparación y mejora del objeto 3D en bruto, antes de exportarlo a un fichero de CAD.

El objeto posiblemente necesitará algún pequeño retoque y modificación, que se realizará manualmente con la orden POLISH para simplificar, suavizar o tapar agujeros.

Por otra parte, la herramienta CAD también puede emplearse para definir un espacio de coordenadas global en el espacio objeto, orientado según nuestras necesidades.



Ilustración 32 – Botón POLISH

El refinado (botón POLISH) consta de tres opciones: puede rellenar agujeros, suavizar la superficie y simplificar polígonos.

Estas operaciones se corresponden con las funciones FILL, BUFF y SIMPLIFY que se despliegan al pulsar dicho comando.



Ilustración 33 – Funciones FILL, BUFF y SIMPLIFY

### 2.1.8.1. Relleno (Fill)

Podremos ahorrar tiempo en el rellenado de agujeros, si se realiza automáticamente, durante la fase de fusonado. La Ilustración 33 muestra el menú de Relleno:



Ilustración 34 – Menú de la opción FILL

- a. Botón de navegación del ratón: es el interruptor de funcionamiento normal del ratón.
- b. Selector circular: dejándolo pulsado hacemos la selección de la parte del objeto que deseamos eliminar.
- c. Selector Cuadrado: el puntero de selección de objetos que aparece en pantalla es cuadrado.
- d. Select: es el interruptor de seleccionar.
- e. Deselect: es el interruptor de deseleccionar.
- f. Fill: después de la selección se presiona este botón para rellenar los agujeros seleccionados.

### 2.1.8.2. Suavizado (Buff)

En ocasiones, la existencia de puntos erróneos hace que la superficie se vea un poco vasta tras el proceso de escaneo o del rellenado. La situación se corrige aplicando un suavizado (*Buff*), obteniendo así una superficie más refinada.

Esta acción la podemos comparar como cuando un artista suaviza la superficie de una escultura de yeso con un trozo de papel de lija. La Ilustración 34 muestra el menú de suavizado:



Ilustración 35 – Menú de control de la herramienta BUFF

- a. Botón de navegación del ratón: es el interruptor de funcionamiento normal del ratón.
- b. Selector circular: dejándolo pulsado hacemos la selección de la parte del objeto que deseamos eliminar.
- c. Selector cuadrado: el puntero de selección de objetos que aparece en pantalla es cuadrado.
- d. Selector de arrastre cuadrado: si dejamos el botón izquierdo del ratón pulsado y nos desplazamos por la pantalla realizaremos una captura en forma de ventana.
- e. Selector poliforma: Selecciona un área mediante un dibujo de polilínea irregular.
- f. *All*: selecciona todo.
- g. *De/Select*: es el interruptor de seleccionar y de eliminar la selección.
- h. *Buff*: después de la selección se presiona este botón para suavizar la superficie seleccionada.

### 2.1.8.3. Simplificado (Simplify)

La simplificación consiste en reducir el número de polígonos en zonas de superficie del objeto donde no es necesario que exista gran densificación. La Ilustración 35 muestra el menú de simplificación.



Ilustración 36 – Menú de control de la herramienta SIMPLIFY

### 2.1.9. CAD

Normalmente el botón CAD, que se muestra en la Ilustración 36, se utiliza para preparar el modelo para exportarlo a un fichero CAD/CAM tipo 3DS Max, SolidWork, RapidWorks, OBJ, STL. Para la preparación se dispone de tres herramientas: Orientación (*Orient*), Seccionado (*Spline*) y Recubrimiento (*Surface*).



Ilustración 37 – Botón CAD



Ilustración 38 – Herramientas del botón CAD

### 2.1.9.1. Orient (Orientación)

La herramienta de Orientación (ORIENT) se emplea tanto para la definición un sistema de coordenadas en el espacio modelo como para orientar el objeto respecto a dicho sistema.

La orientación del modelo se realiza de la siguiente manera:

1. Hacer clic en el botón de la barra de herramientas de CAD para entrar en la barra de herramientas de CAD.
2. Seleccionar la opción Orientar (ORIENT). ScanStudio mostrará una representación de un cubo delimitador de los planos de vista comunes: (arriba, izquierda, delante, etc.).

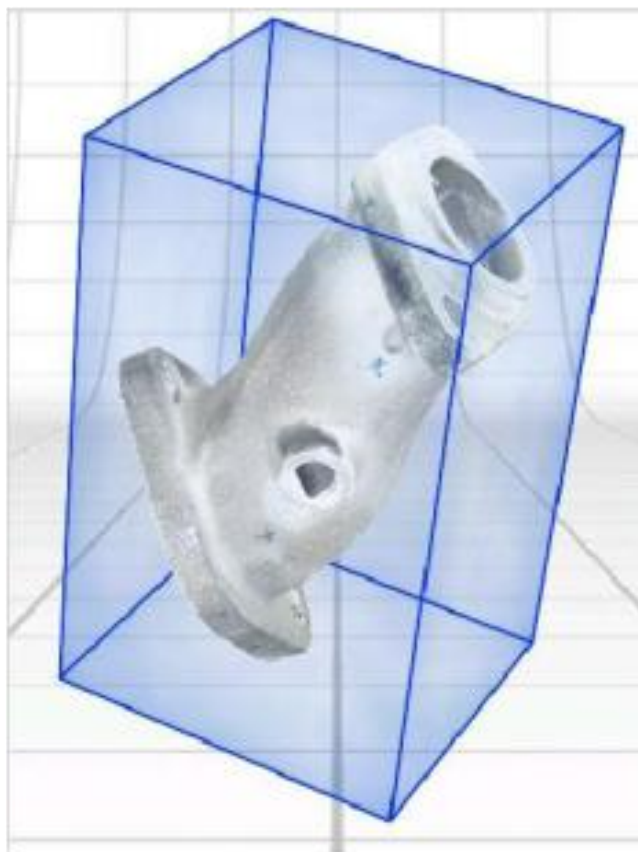


Ilustración 39 – Cubo delimitador

3. Es posible rotar el cubo delimitador y el conjunto de datos a la vez, los datos de escaneo en relación con el cubo delimitador o el cubo delimitador en relación con el conjunto de datos a través de la rotación botones.
4. Mediante el empleo del botón correspondiente (ver Ilustración 39) se limitan las rotaciones en un solo eje.



Ilustración 40 – Botones del menú de la herramienta ORIENT

5. Al hacer clic en el botón BASE se sitúan tres esferas en el objeto, que definirán una de las caras del cubo limitador.

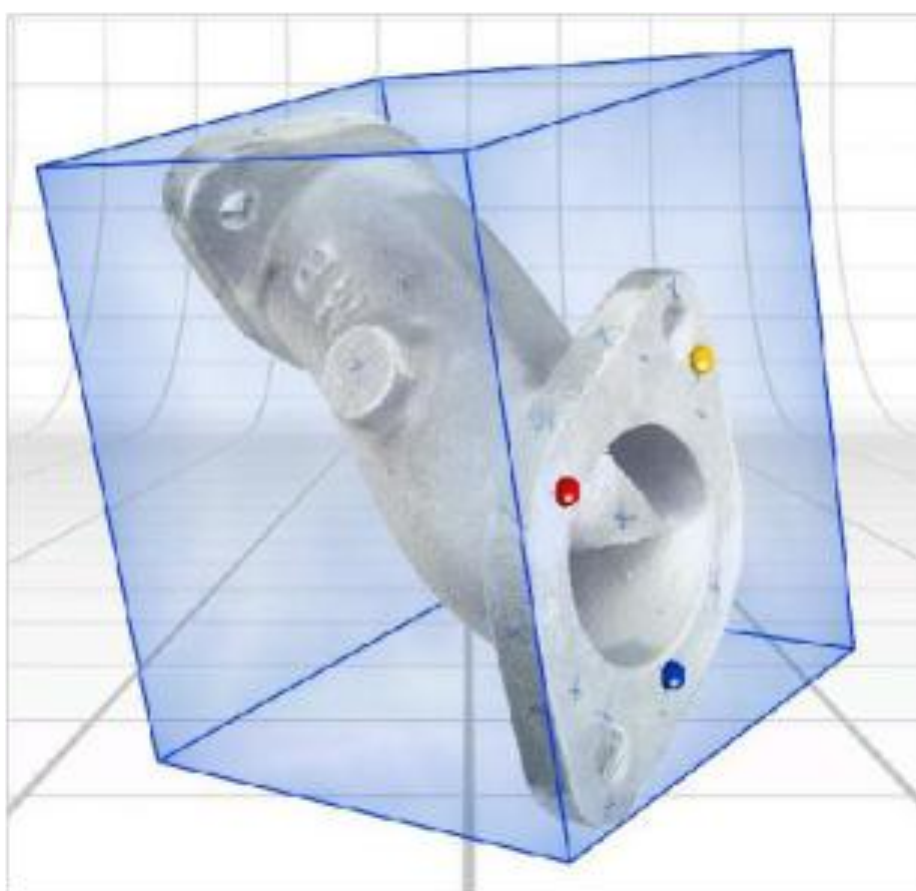


Ilustración 41 – Botón BASE en la herramienta ORIENT

6. Al hacer clic en botón ORIGIN se coloca una esfera para definir el origen.

#### 2.1.9.2 .Seccionar (Spline)

La herramienta Seccionar (*SPLINE*) se emplea para extraer los límites de contorno del objeto escaneado.



El control deslizante ESPACIADO (*Spacing*) se utiliza para controlar la distancia entre los planos paralelos de corte.

Tras la ejecución de la herramienta se obtiene una nueva familia en la zona verde de la parte inferior de la pantalla. El resultado puede exportarse a un fichero *IGES* para analizar las secciones del objeto en un programa *CAD*.

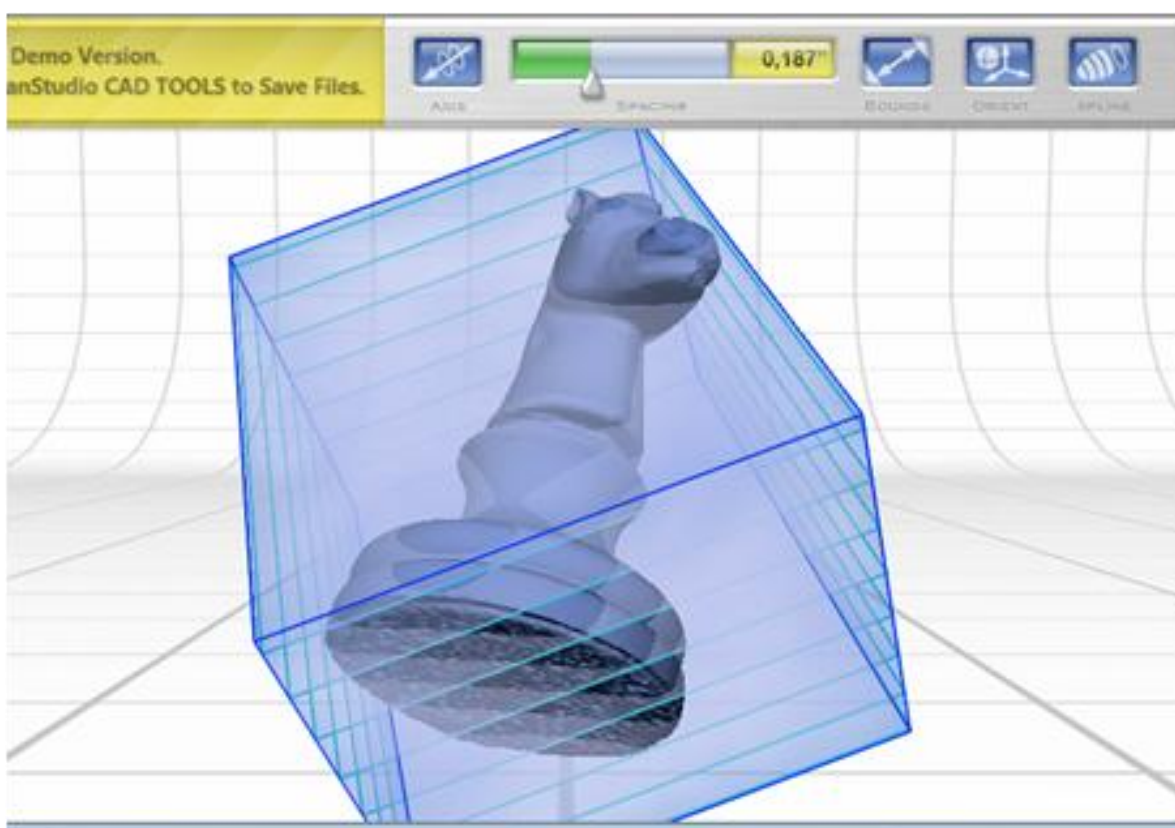


Ilustración 42 – Herramienta *SPLINE*

#### 2.1.9.3. Recubrir (*Surface*)

La herramienta *Surface* convierte automáticamente los datos de escaneo en superficies *NURBS*. Las superficies *NURBS* son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión, desde simples líneas en 2D, círculos, arcos o curvas, hasta los más complejos sólidos o superficies orgánicas de forma libre en 3D. Gracias a su flexibilidad y precisión, pueden emplearse modelos *NURBS* en cualquier proceso, desde la ilustración y animación hasta la fabricación.

#### 2.1.9.4. Exportación e importación de modelos 3D

##### 2.1.9.4.1. Exportación

El programa ScanStudio HD ofrece dos formas que exportar datos en 3D, bien a través del menú SALVAR COMO (*Save as....*) o bien haciendo clic en el botón SALIDA (*OUTPUT*).

La opción *Guardar Como* del menú Archivo despliega un Explorador de Windows, en el que se seleccionará la ruta donde se almacenará el archivo, así como el nombre del mismo. Es importante indicar el tipo de archivo o extensión (.obj, .ud3, .xyz, etc.). La selección dependerá de las propiedades del programa donde vaya a utilizarse el modelo. Las unidades pueden ser en milímetros o centímetros, dependiendo de las necesidades del usuario.



Ilustración 43 – Botón OUTPUT

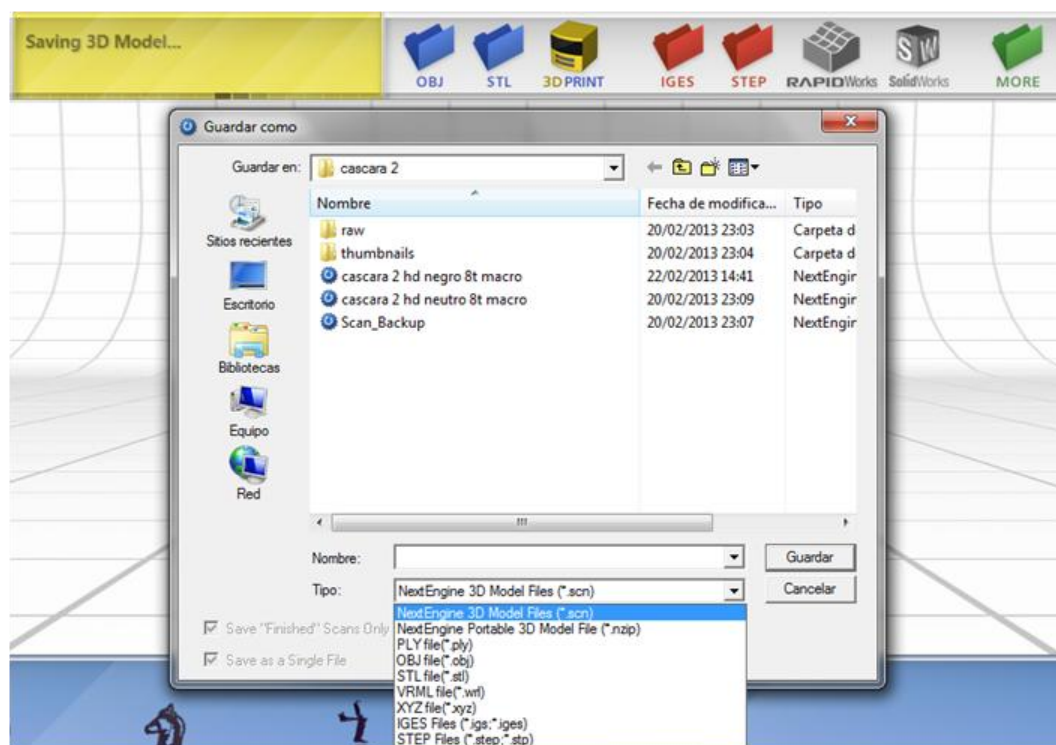


Ilustración 44 – Desplegable del menú Guardar Como



#### 2.1.9.4.2. Importación

La importación de ficheros se realiza mediante el menú Archivo, en la opción *Import*. A continuación se muestra una tabla con los archivos que ScanStudioHD puede importar y exportar:

Extensiones de archivos que se pueden EXPORTAR	Extensiones de archivos que se pueden IMPORTAR
NextEngine 3D Model files (*.scn)	NextEngine 3D Model files (*.scn)
NextEngine Portable 3D Model files (*.nzip)	NextEngine Portable 3D Model files (*.nzip)
PLY files (*.ply)	IGES files (*.iges, *.igs)
OBJ files (*.obj)	STEP files (*.step, *.stp)
STL files (*.stl)	
VRML files (*.wrl)	
XYZ files (*.xyz)	
IGES files (*.iges, *.igs)	
STEP files (*.step, *.stp)	

Tabla 2 – Resumen de extensiones de archivos para importación y exportación

### 3. PRUEBAS PRELIMINARES

#### 3.1. PRIMERAS CAPTURAS

Tras decidir la temática o el objeto del PFC se realizaron pruebas preliminares para confirmar la viabilidad. Se comienza con la vista, aprendizaje y manejo de los diversos instrumentos a utilizar, así como de las diferentes partes que componen el escáner en sí mismo.



Ilustración 45 – Escáner láser

En este maletín se podían observar todos los diversos componentes del escáner. Una vez conocidos todos ellos, pasaríamos al momento de montaje del mismo y a su manejo.



Ilustración 46 – Componentes del escáner láser

En estos momentos comenzamos el montaje del escáner con sus diversos y numerosos componentes.



Ilustración 47 – Montaje de los componentes del escáner láser



Ilustración 48/49 – Comprobando funcionamiento correcto del escáner láser

Una vez conocidos los componentes y el montaje correcto del escáner, pasamos a tratar con el software que utilizaríamos en el desarrollo del proyecto, para poder realizar el necesario trabajo informático que requiere dicho proyecto. Se realizaron varias pruebas con varios objetos que aportaron.

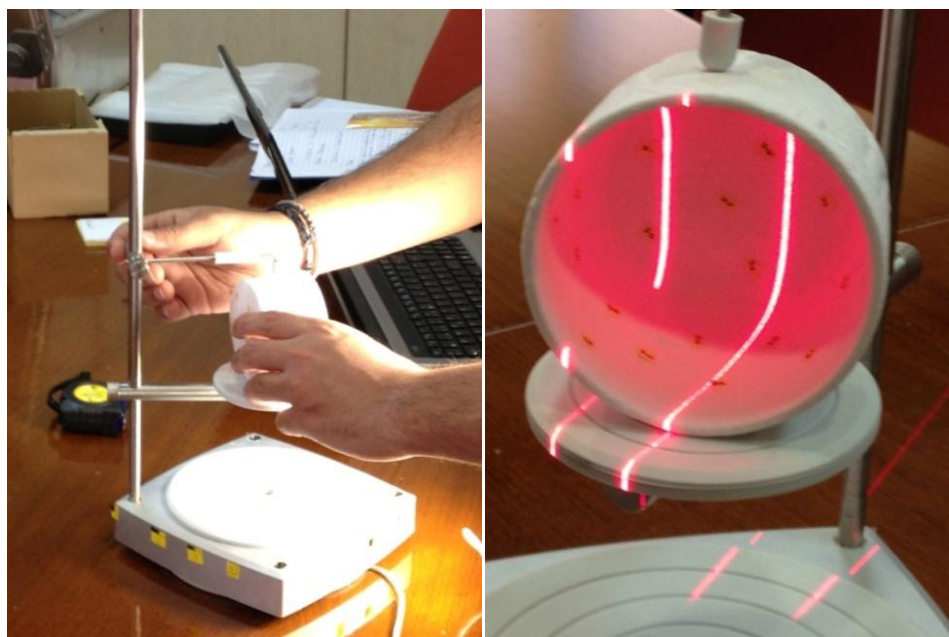


Ilustración 50/51 – Ejemplo de capturas

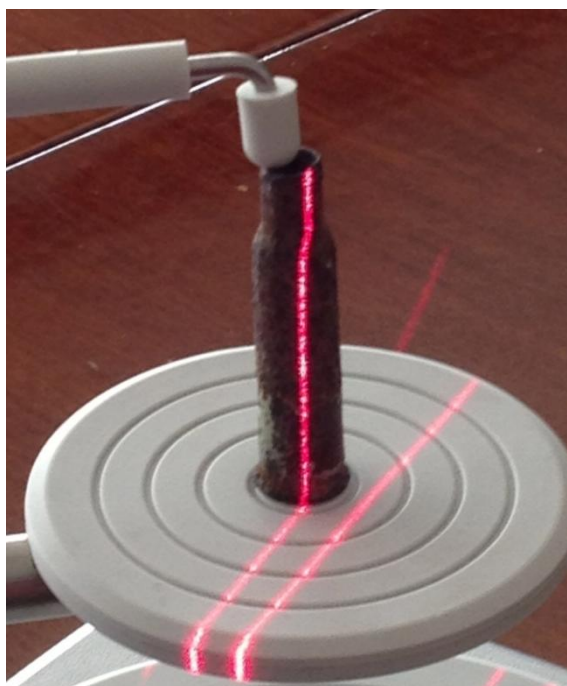


Posteriormente comenzamos a realizar pruebas con las vainas de bala con los que más tarde empezaríamos el desarrollo de nuestro proyecto en sí, para comprobar el correcto funcionamiento y comportamiento del escáner con los mismos.



**Ilustración 52 – Prueba con bala en horizontal**

En el caso particular del proyecto que nos ocupa, podíamos correr el riesgo de que no pudiera realizarse el proyecto adecuadamente, con todas las garantías necesarias y la precisión correcta, debido a que es complicado trabajar con metales utilizando la tecnología escáner láser. Podría suceder que aparecieran reflexiones debidas al material y que ello supusiese una pérdida de información que dificultase e incluso impidiesen el desarrollo del proyecto en sí.



**Ilustración 53 – Prueba con bala en vertical**

Se realizaron diversas pruebas para comprobar la reacción del escáner con las vainas de bala o "casquillos" de bala de la Batalla del Jarama, que se desarrolló entre el 6 y el 27 de Febrero de 1937 y que por lo tanto, es perteneciente a la Guerra Civil Española que tuvo lugar entre los años de 1936 a 1939.



Ilustración 54 – Preparación toma de vistas de bala

### 3.2. ENSAYOS SOBRE DISTINTOS MATERIALES

Una vez confirmada la viabilidad del PFC, se decidió analizar el comportamiento del escáner sobre distintas superficies previamente a la captura definitiva, de los datos para el PFC.

En primer lugar se realizaron una serie de pruebas para comenzar a conocer el trabajo real con el escáner láser y comprobar qué tipo de muestras se podían obtener de las diversas pruebas realizadas.

Realicé numerosas tomas de vistas con el escáner láser sobre diversos objetos, compuestos estos, de diferentes materiales para comprobar con ello, el tipo de materiales con los que se obtendrían los mejores resultados posibles en cuanto a la obtención de su morfología y al posterior tratamiento de estas familias de imágenes que obtendríamos al realizar las distintas tomas de vistas sobre las vainas de bala.

Inicialmente comencé realizando la primera prueba de toma de vistas con una guitarra construida en oro. Esta guitarra era de pequeño tamaño y por la parte trasera contenía un texto escrito directamente sobre el material.



*Ilustración 55 – Guitarra de Oro*

Al estar grabado este texto directamente sobre el material, se pensó, que quizás, podría detectarse y aparecer en la captura, ya que era la parte más rugosa del objeto y por ello debería ser más fácilmente detectable para el láser de escáner.



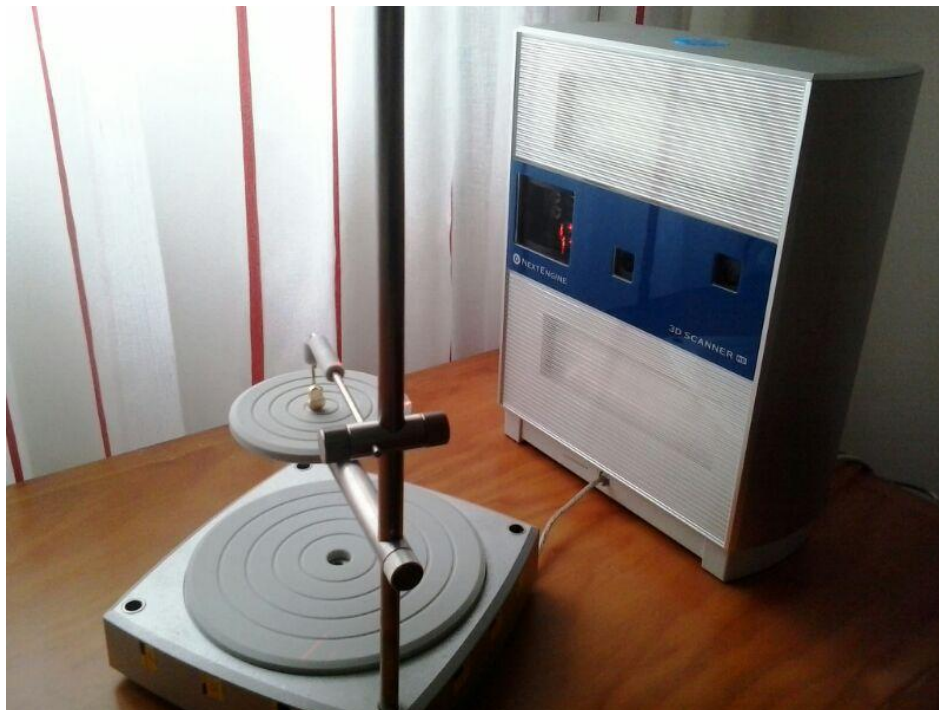


Ilustración 56 – Inicio toma de vistas con la guitarra de oro

Una vez realizadas las pruebas pertinentes con esta pequeña guitarra de oro, pude constatar que no sería un material deseable con el que realizar las diversas tomas de vistas.



Ilustración 57 – Láser actuando sobre guitarra de oro



El resultado que se obtenía tras realizar las sucesivas tomas de vistas, de escasa calidad y por lo tanto, este material no sería el más aconsejable para realizar este tipo de proyecto, ya que se pierde numerosa e importante información para poder conseguir y obtener con ello, calidad y precisión en nuestro trabajo, tal y como se requiere.

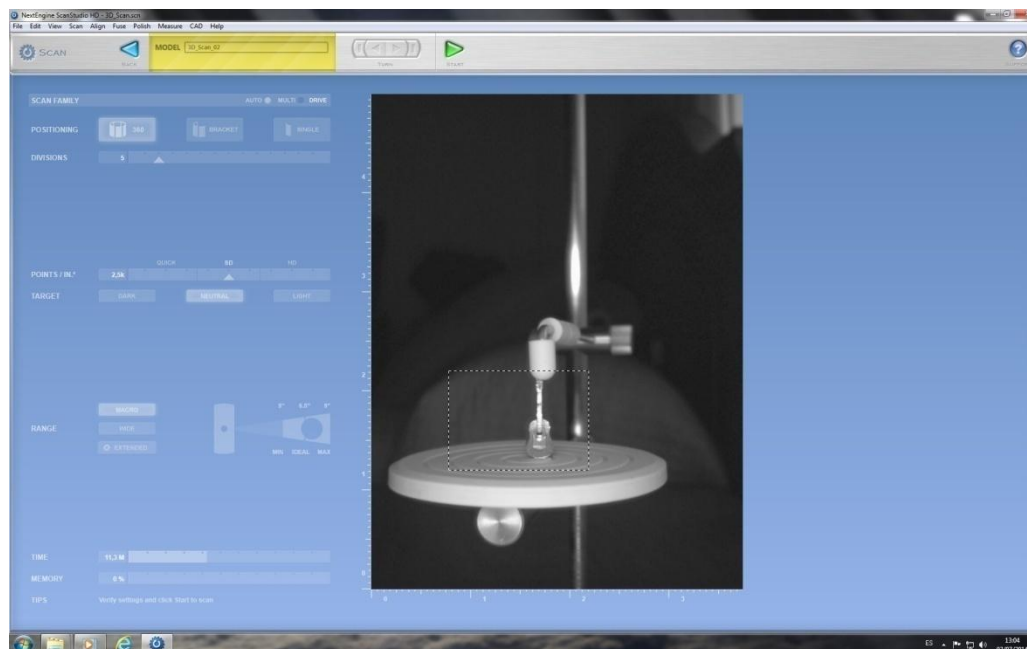


Ilustración 58 – Configuración toma de vistas para guitarra de oro

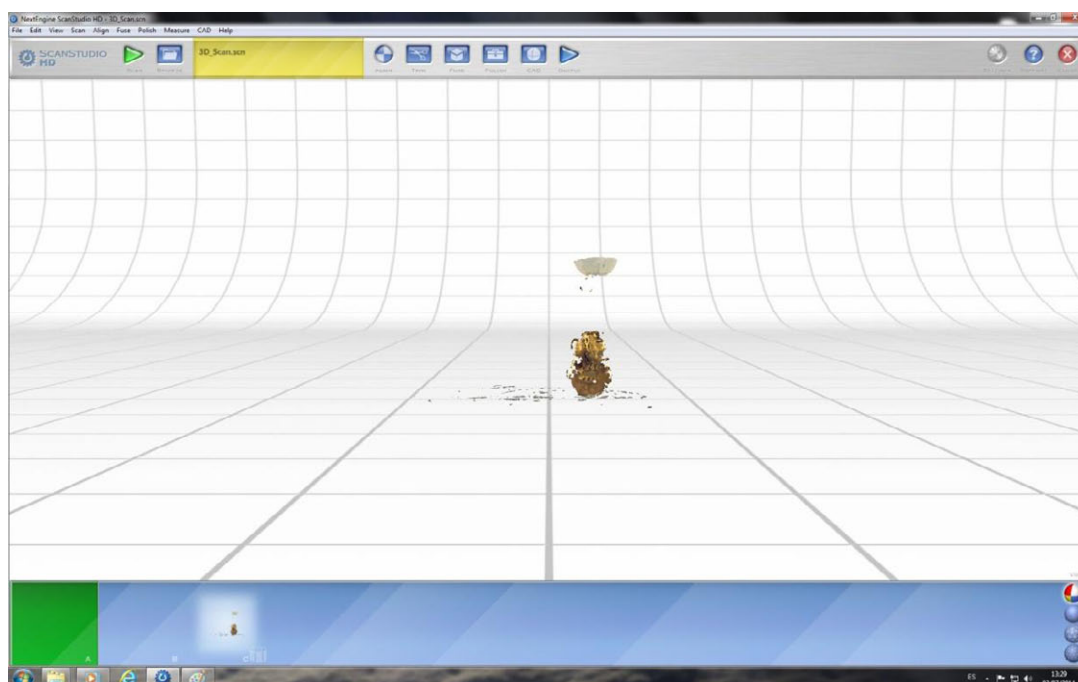


Ilustración 59 – Toma de vistas de la guitarra de oro

Como se puede comprobar en la imagen anterior (Ilustración 64), el resultado obtenido es muy pobre en cuanto a calidad y hace imposible el posterior tratamiento ya que falta una enorme cantidad de datos debido a la reflexión del láser, dejando numerosas partes sin representar y perdiendo una gran cantidad de información necesaria para desarrollar el trabajo venidero.

La siguiente prueba, se realizó sobre con otra guitarra pero en este caso, esta guitarra estaba construida en barro, con lo cual a priori se debería esperar un resultado más satisfactorio que en el ejemplo anterior a la hora de obtener los resultados de las tomas de vistas

En este caso, el objeto era bastante más grande que el anterior (guitarra de oro) y sus detalles algo más toscos con lo cual debería ser más sencillo para el escáner láser obtener una buena calidad con dicho objeto, y mayor rayo, debido al material con el que estaba construido que inicialmente debería reflejar en menor cantidad el láser que parte del escáner.

En efecto, el resultado obtenido tras el escaneo fue mucho mejor que en el caso de la guitarra de oro. Se consiguió mejor calidad tanto en la obtención de la morfología del objeto en sí, como en los detalles y grabados que posee esta guitarra de barro.

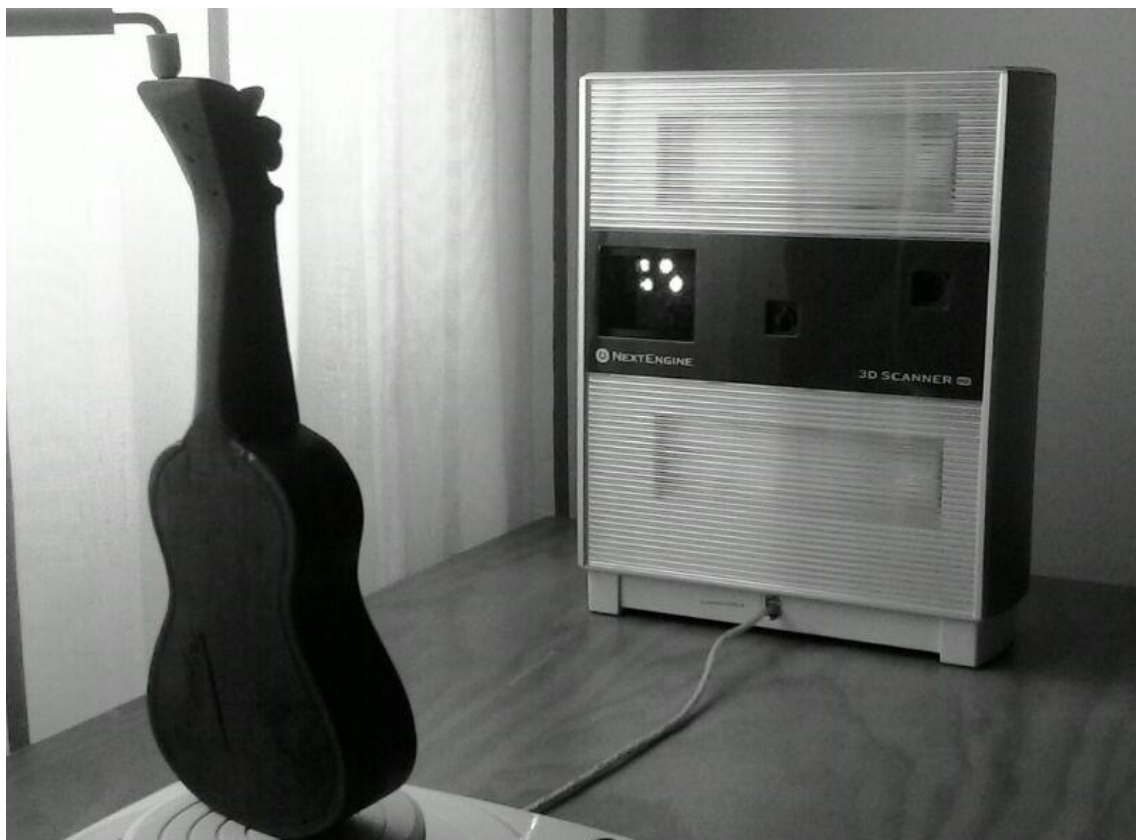


Ilustración 60 – Escaneo de la guitarra de barro

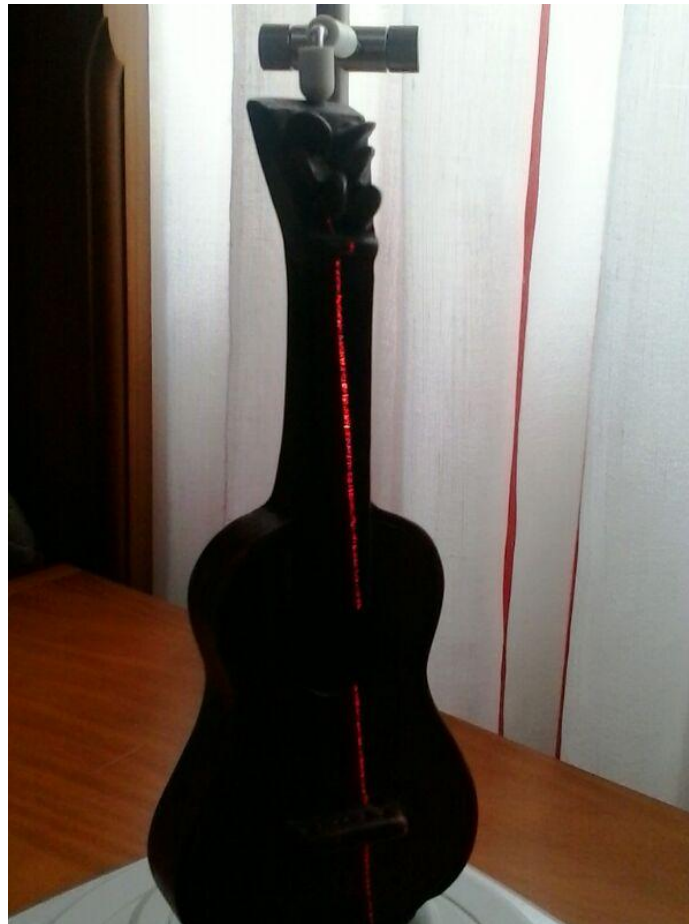


Ilustración 61 – Proceso láser con guitarra de barro

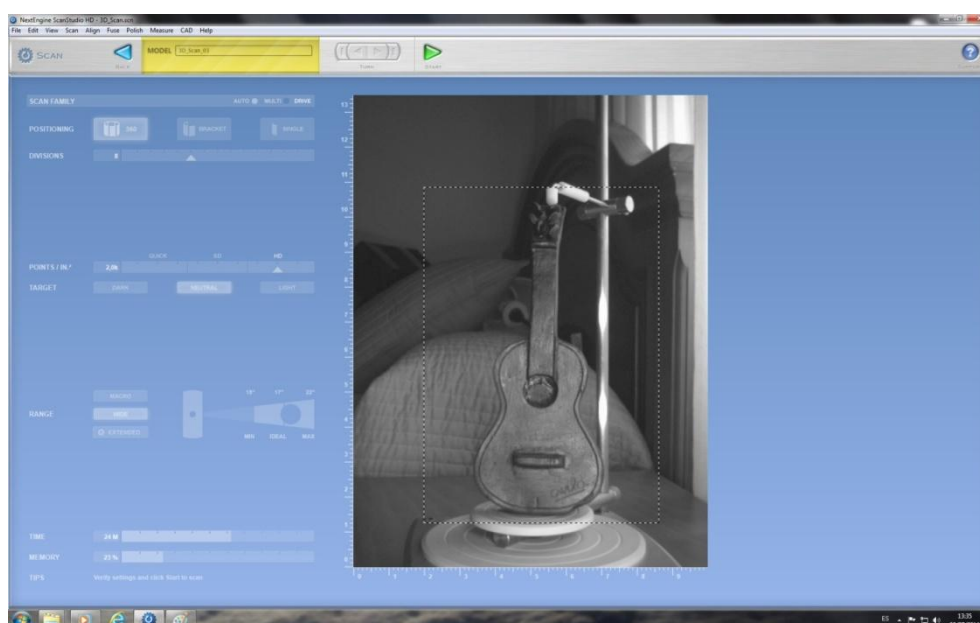


Ilustración 62 – Configuración para la toma de vistas de la guitarra de barro

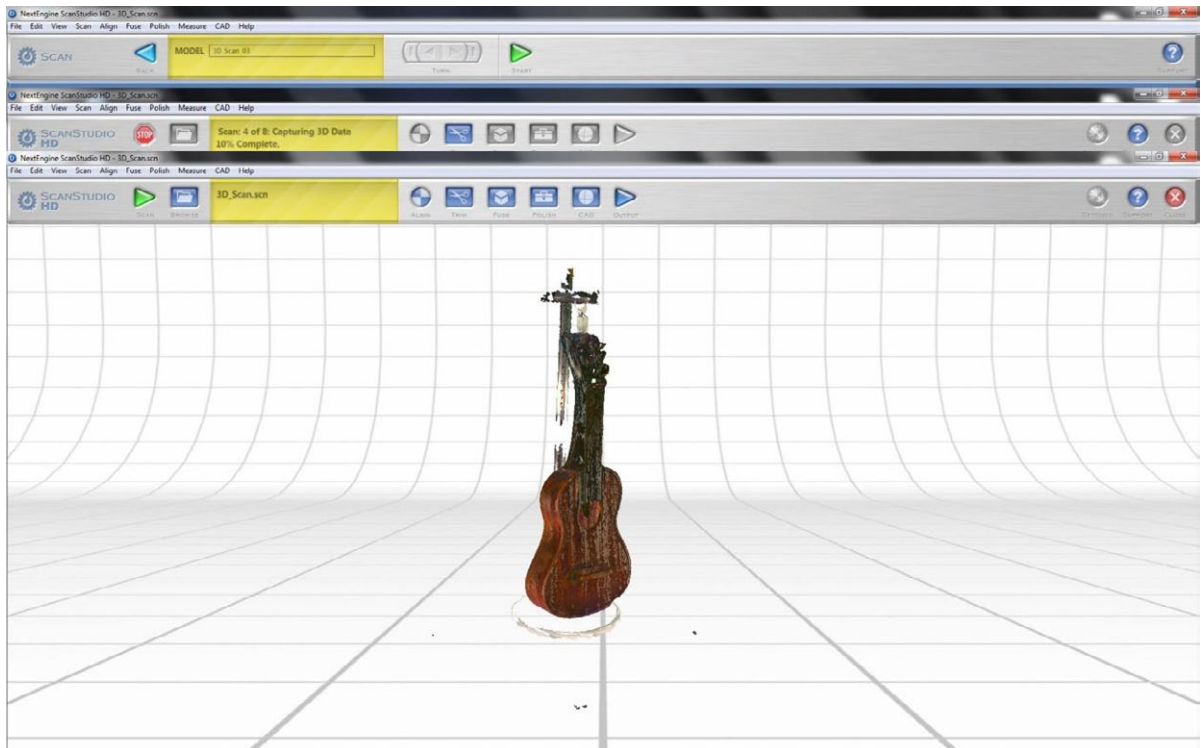


Ilustración 63 – Modelo obtenido de la guitarra de barro

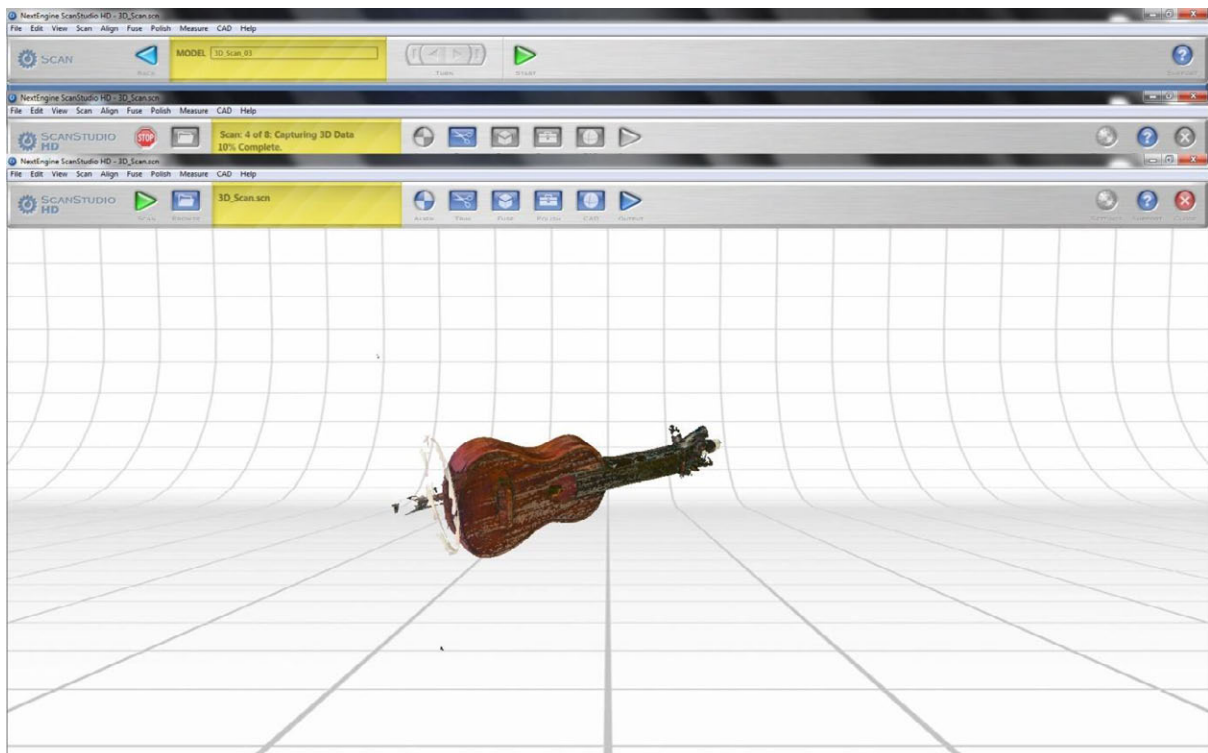


Ilustración 64 – Guitarra de barro en posición horizontal

Como se puede comprobar directamente, el resultado obtenido en este caso de la guitarra de barro, es sin duda alguna, muchísimo mejor, con mayor calidad, mejor precisión y mayor número de puntos que el que se obtuvo en el caso de la guitarra de oro.

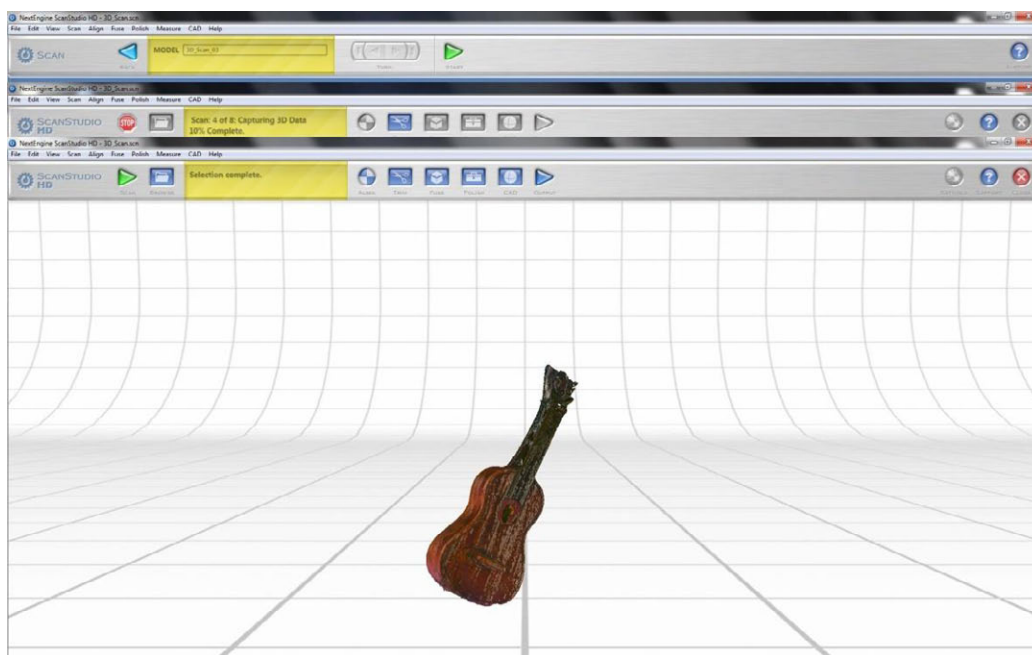


Ilustración 65 – Guitarra de barro con elementos externos eliminados

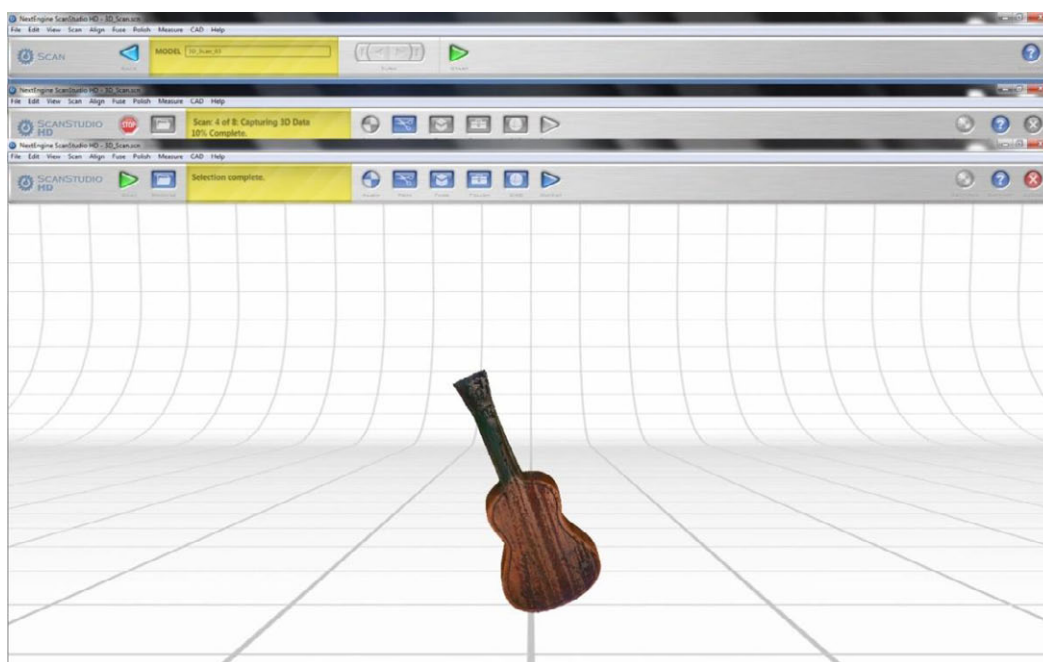


Ilustración 66 – Parte trasera de la guitarra de barro sin elementos externos



Por lo tanto, la conclusión hallada es que, los materiales rugosos, mates o terrosos, proporcionan mayor calidad final en el resultado obtenido después del proceso de toma de datos, permitiendo así obtener todas las zonas del objeto sin lugar a oquedades o pérdida de información.

No obstante, a continuación, realicé una prueba más con otro objeto metálico para comprobar que esta conclusión era cierta. Para ello utilicé en este caso una navaja clásica.

Este objeto era una navaja típica con todas sus zonas metálicas excepto las partes laterales del mango que eran de un material de color amarillo brillante pero antideslizante para facilitar el agarre de la misma.

El resultado que se obtuvo fue el siguiente.

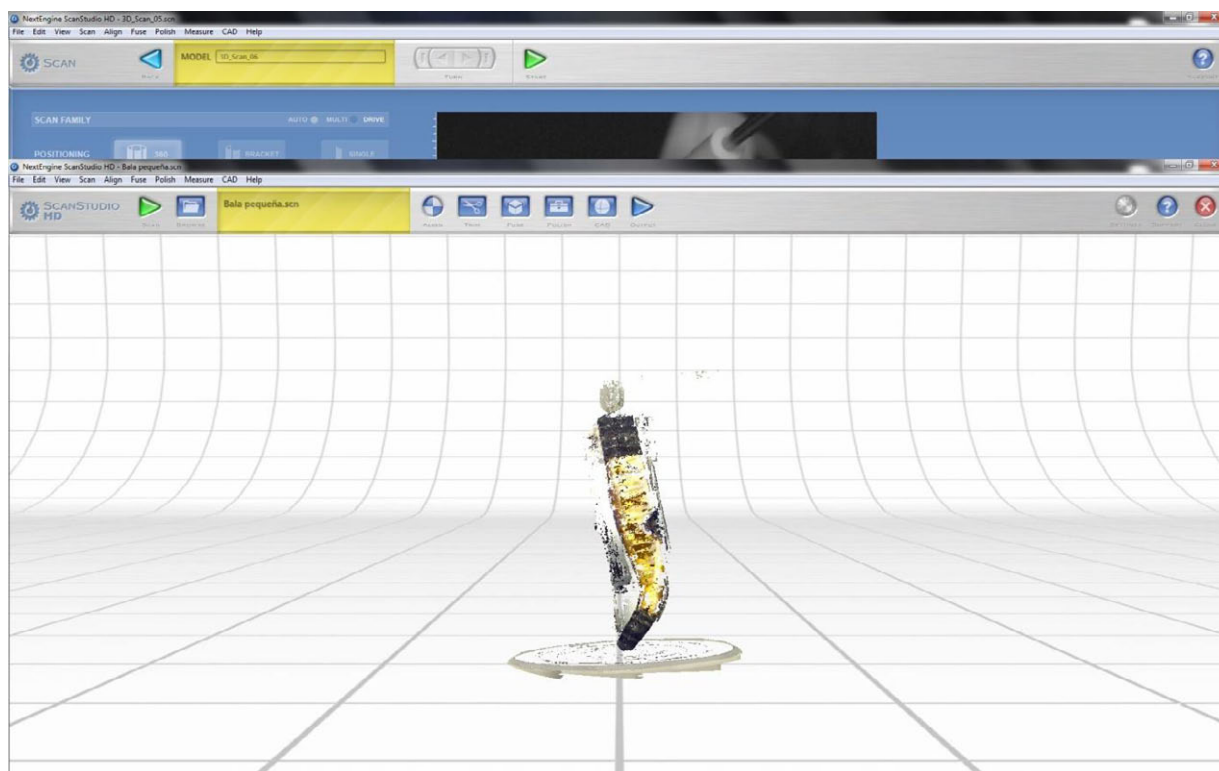


Ilustración 67 – Modelo de la navaja

Como se puede comprobar, aun habiendo aparecido todas las partes de la navaja y pudiendo contemplarse su morfología sin excesivos problemas, es cierto también, que hay pérdida de información debido a la reflexión que se genera entre el láser y la superficie metálica de la navaja. Por ello, hay ciertas oquedades y zonas en las que la pérdida de información no permite completar perfectamente y al 100% la navaja tal y como debería obtenerse.



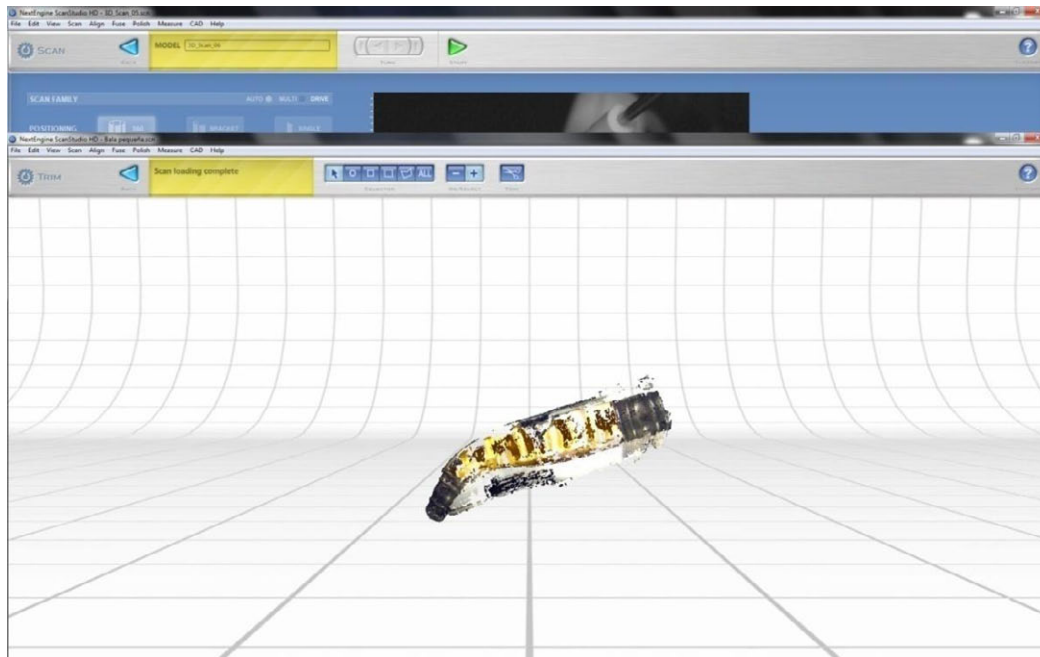


Ilustración 68 – Navaja en horizontal

Por lo tanto, es cierto que el metal, produce pérdida de calidad en el trabajo final por pérdida de información, aunque también dependerá del grado de brillo y pulido del metal que estemos tratando.

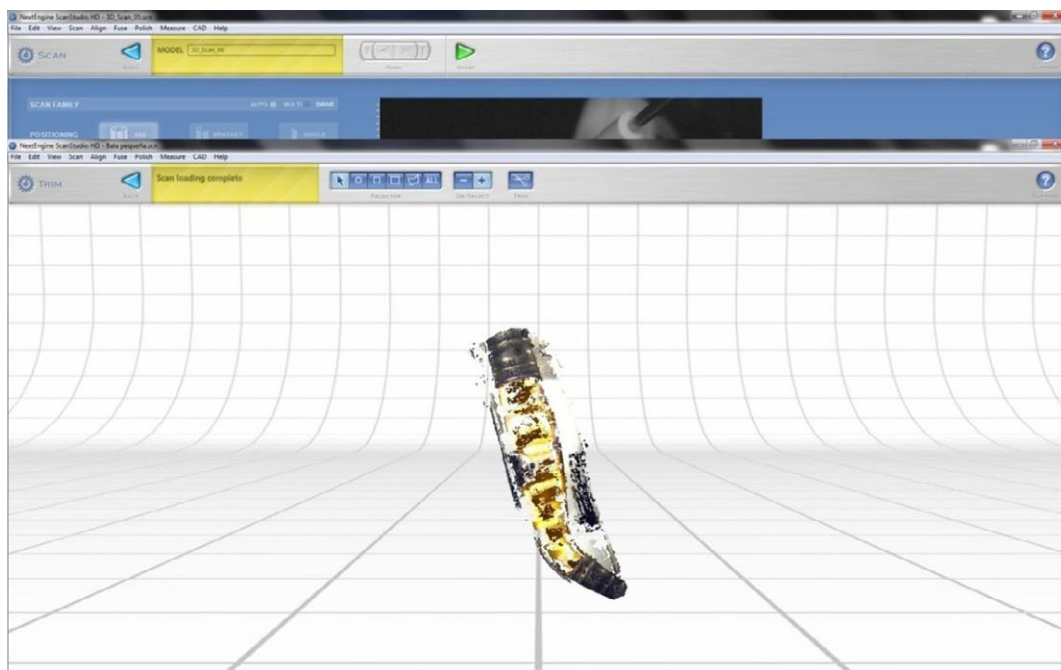


Ilustración 69 – Navaja en vertical

Por último, el ejemplo con el que finalicé esta rueda de pruebas, fue una tarjeta de visita. Esta tarjeta al estar creada en cartón, pensé que podría obtenerse una curiosa vista si el escáner láser consiguiera detectar las letras, dibujos o imágenes que en ellas pudiera aparecer.

Realicé varias tomas con diversas configuraciones diferentes ya que con las dos primeras configuraciones no obtuve los resultados deseados a priori y por lo tanto, preparé una última configuración con la que se obtuvo algo más de detalle, ya que podían verse las letras impresas en las tarjetas, permitiendo así mantener la información que aporta, en sí, dicho objeto.

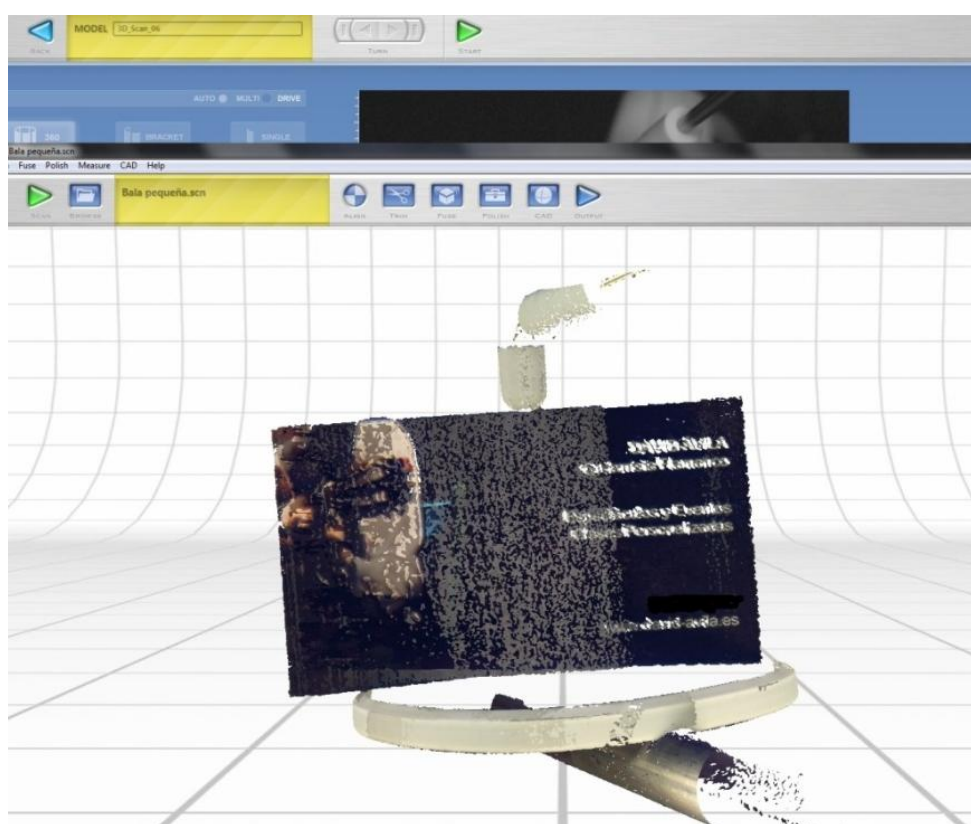


Ilustración 70 – Tercera configuración de la tarjeta

Aunque no obtuve un modelo muy completo, si pude comprobar que al menos las letras y la forma de los objetos impresos dentro de esta tarjeta aparecían tal y como deberían hacerlo, y podrían apreciarse los detalles.

El escáner láser sin género de dudas, será capaz de determinar su morfología completa sin problema por las características de este material, permitiendo así la adquisición de la información necesaria para la producción de un trabajo o proyecto semejante al que aquí se está desarrollando.

En última instancia realicé dos últimas pruebas más con las dos Vainas de Bala que podrían poner al límite la capacidad del escáner láser por varios motivos diferentes. Estas Vainas de Bala son las que llevan por nombre Vaina de Bala Limpia y Vaina de Bala Parda Pequeña.

En primer lugar, se realizó la prueba con la Vaina de Bala Limpia. Esta Vaina de Bala puso al límite la capacidad del escáner láser debido a la gran cantidad de brillo que tenía su superficie. Ello es debido a su buen estado de conservación y su la escasa invasión de materiales ajenos al metal que la compone. Con ella, se realizó todo el proceso de escaneado completo, obteniendo dificultades a la hora de determinar su morfología por el efecto espejo que generaba su superficie sobre el escáner en sí.



*Ilustración 71 – Exploración de la Vaina de Bala Limpia*

Tras haber realizado las exploraciones en 360º de toda la morfología de la pieza y observado la correcta visualización del objeto durante toda la vuelta completa dentro del campo de visión del equipo escáner láser, pasé a la configuración pertinente del software para comenzar con las tomas de datos propiamente dichos.



*Ilustración 72 – Pruebas de configuración Vaina de Bala Limpia*

A continuación, pasaremos a conformar la configuración necesaria para la primera obtención de tomas del objeto. Para ello, pasé a determinar los valores de los parámetros necesarios como el número de posiciones a realizar, el recorrido y la calidad de las tomas o distancia al objeto entre otros.

En primer lugar determiné que el escaneo se haga por toda la pieza de forma horizontal. Esto quiere decir, que se realizará el escaneo a 360º respecto de la pieza, con lo cual deberíamos obtener toda la posición vertical de la vaina de bala, en todas sus caras.

En segundo lugar, programé 8 tomas diferentes con las que son más que suficientes para obtener todas y cada una de las partes completas de nuestra vaina de bala, consiguiendo cierto solape entre todas ellas y con ello, buena calidad en las diversas pasadas.

En tercer lugar, determiné la calidad que quería para el trabajo. Ello afectó sin duda, tanto a la duración de la exploración como al tamaño del archivo que posteriormente se generó. En el caso de nuestro PFC, determinaremos una calidad alta o HD, en la última de las muescas de este rango, para obtener la máxima calidad posible.

En cuarto lugar, marqué la pestaña NEUTRAL, ya que esto está referido al tipo de color de nuestro objeto, en cuyo caso no es un objeto neutro, ni muy oscuro, ni muy claro. En quinto lugar, seleccioné MACRO en cuanto al rango, ya que el objeto, es un objeto de pequeño tamaño.

Una vez configurados y determinados todos estos parámetros, se indicará en la parte inferior de la pantalla de configuración del tiempo que tardará el proceso de exploración y obtención del modelo digital de la vaina de bala, así como, de la cantidad de espacio que ocupará el fichero que se genere a partir de estas exploraciones.

Seleccionaremos ampliamente el recorrido que habrá de llevar la bala en su movimiento, realizando un cerco a modo de rectángulo que contendrá este recorrido.

Daremos paso finalmente, al proceso de la toma de datos de nuestra Vaina de Bala Limpia, pudiendo obtener a partir de este momento el modelo digital.

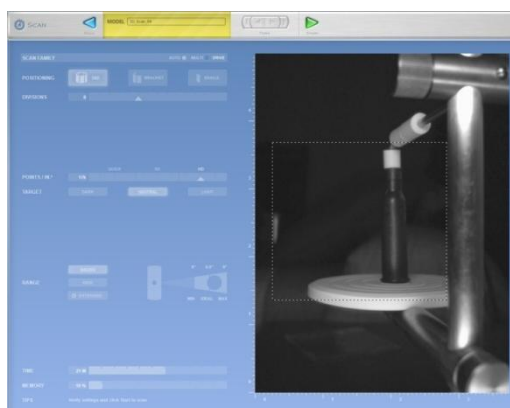


Ilustración 73 – Configuración de las tomas 2

Se realizaron varias tomas en las que los resultados que aparecían indicaban que algo extraño estaba sucediendo, como puede observarse en las siguientes imágenes.

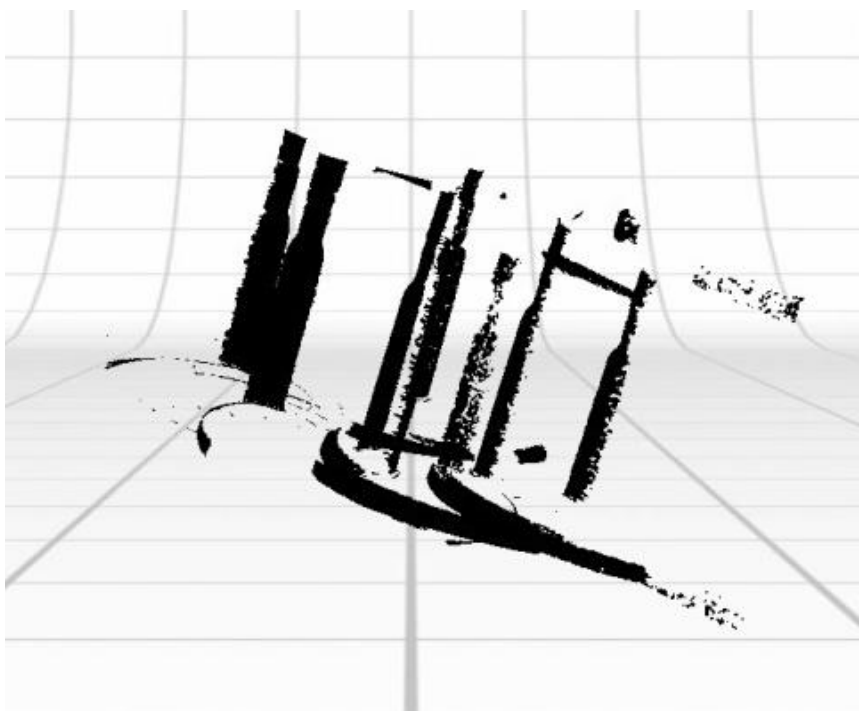


Ilustración 74 – Resultado de la primera toma

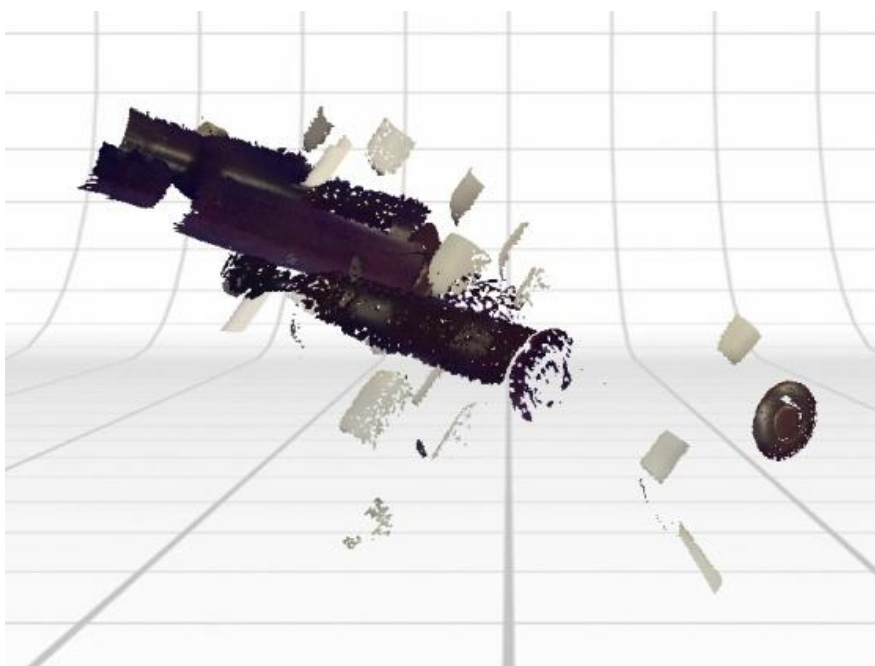


Ilustración 75 – Resultado de la segunda toma

Como puede comprobarse los resultados obtenidos no son los más deseables y todo ello se debe al brillo de la Vaina de Bala Limpia, que evita que se recoja información de forma adecuada.

Posteriormente modificando la configuración inicial de la toma de datos, pude obtener mejores resultados que me permitieron continuar con el desarrollo del trabajo.

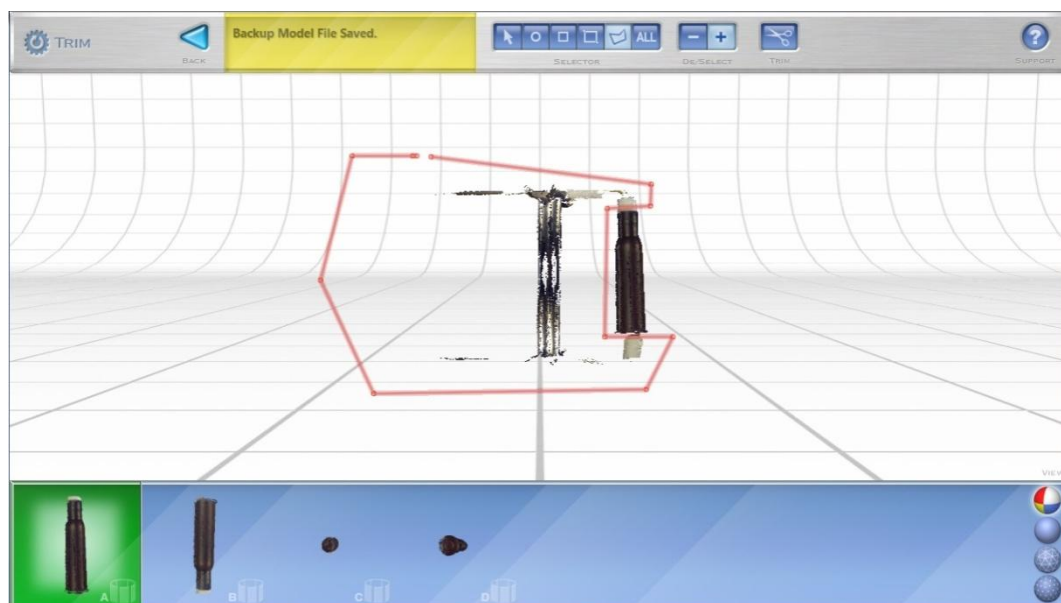


Ilustración 76 – Utilización de la herramienta TRIM 1

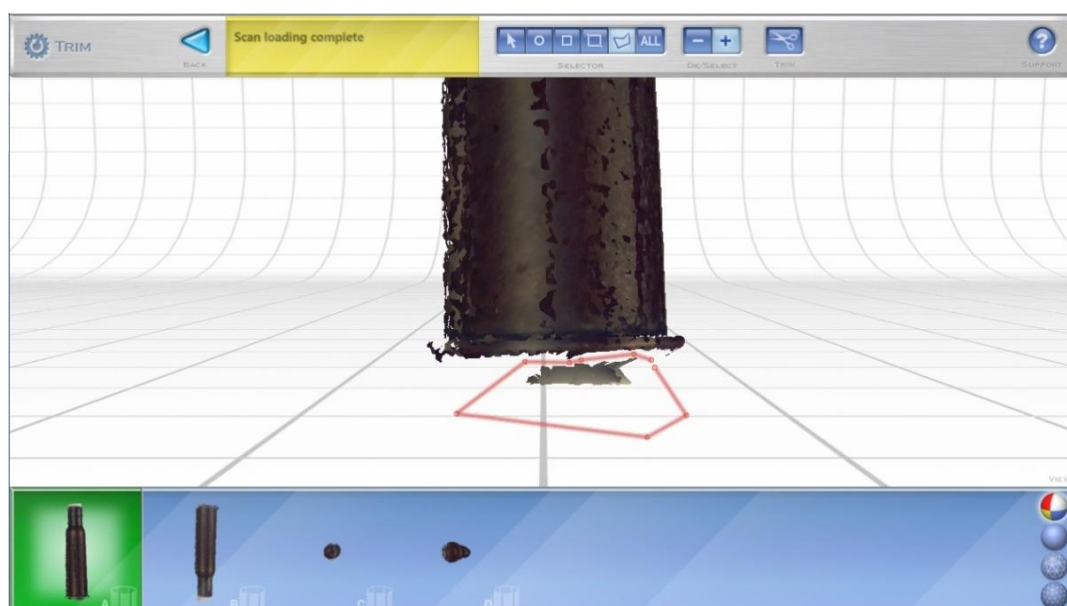


Ilustración 77 – Utilización de la herramienta TRIM 2



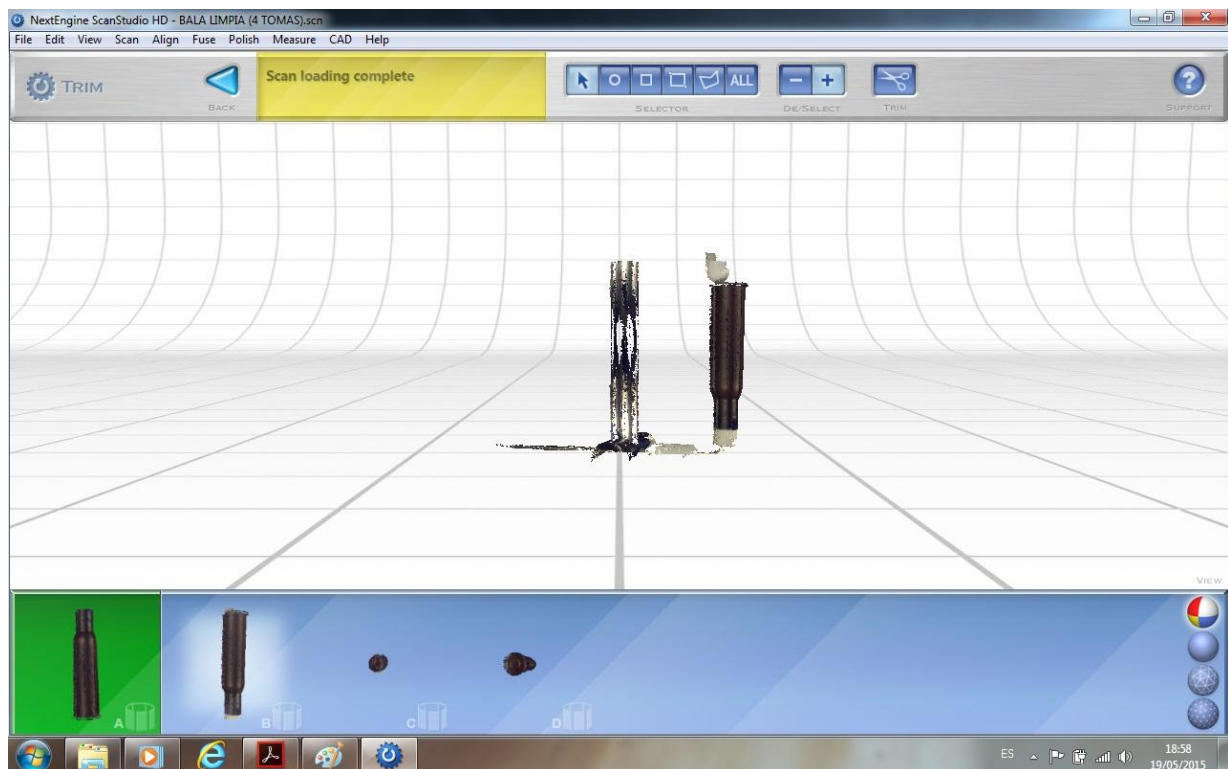


Ilustración 78 – Proceso TRIM 1

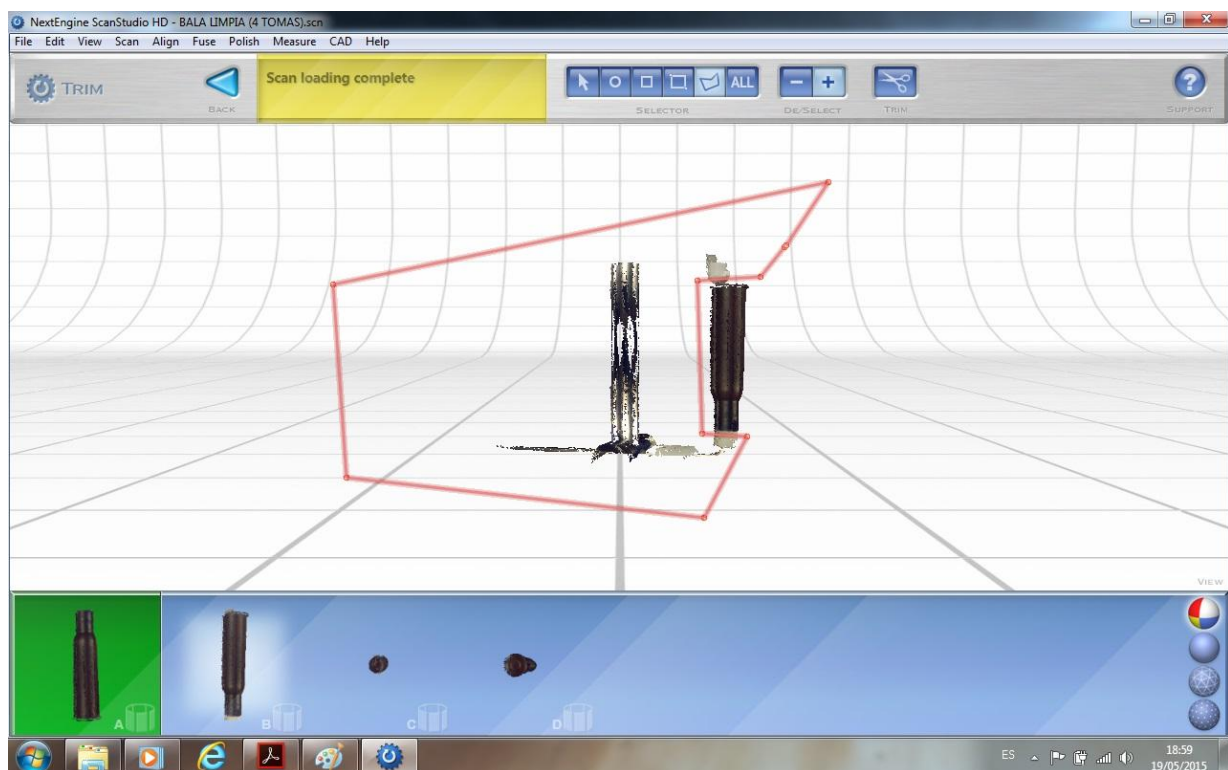


Ilustración 79 – Proceso TRIM 2

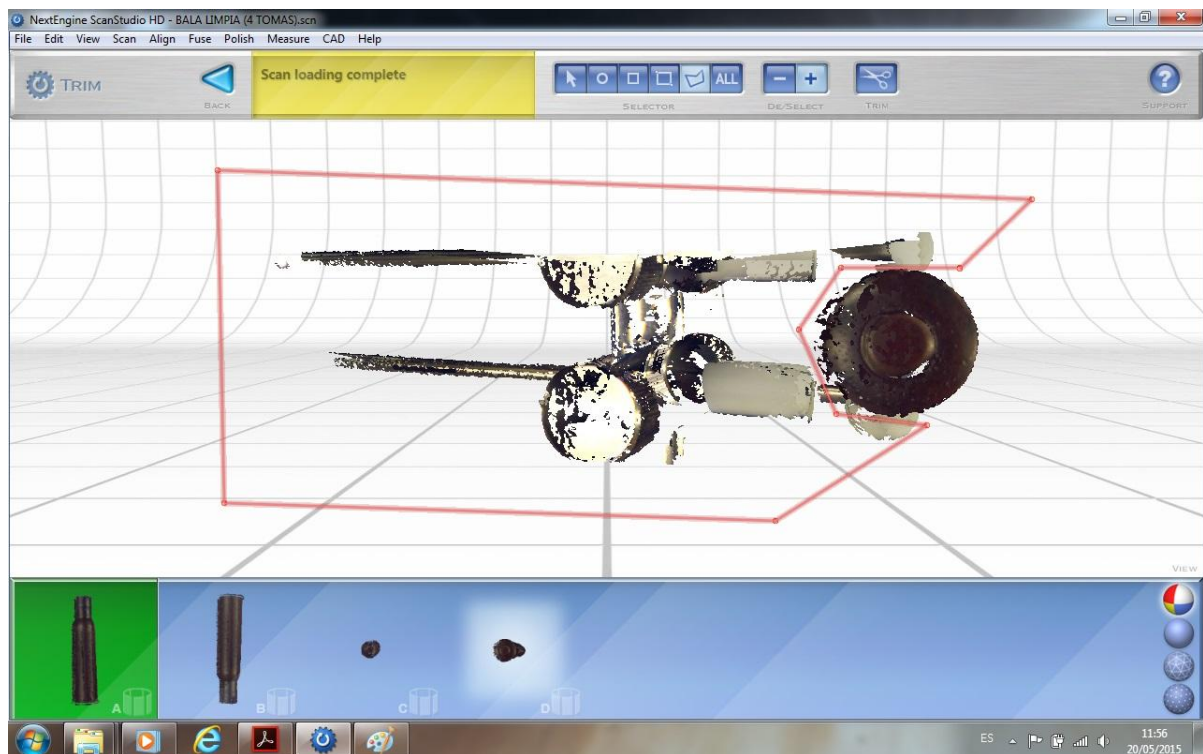


Ilustración 80 – Selección de material para eliminar

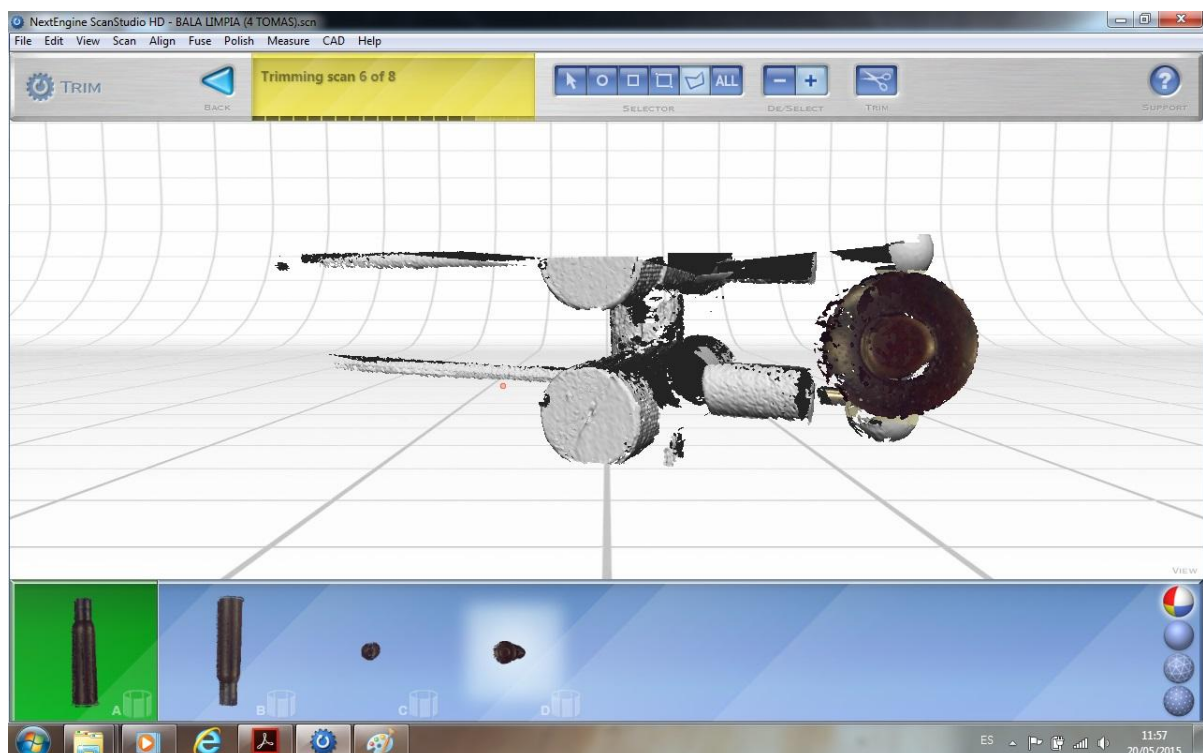


Ilustración 81 – Material seleccionado

Los problemas comenzaron en la parte del proceso correspondiente a la alineación, ya que muchas partes que habían quedado sin poder ser obtenidas eran justamente las zonas donde podrían localizarse ciertos elementos que nos permitieran unir las diferentes tomas obtenidas.

Aunque morfológicamente podría delimitarse bastante bien la Vaina de Bala Limpia, luego en realidad todas las superficies salían muy uniformes y sin zonas características que en la vaina de bala auténtica sí aparecían.

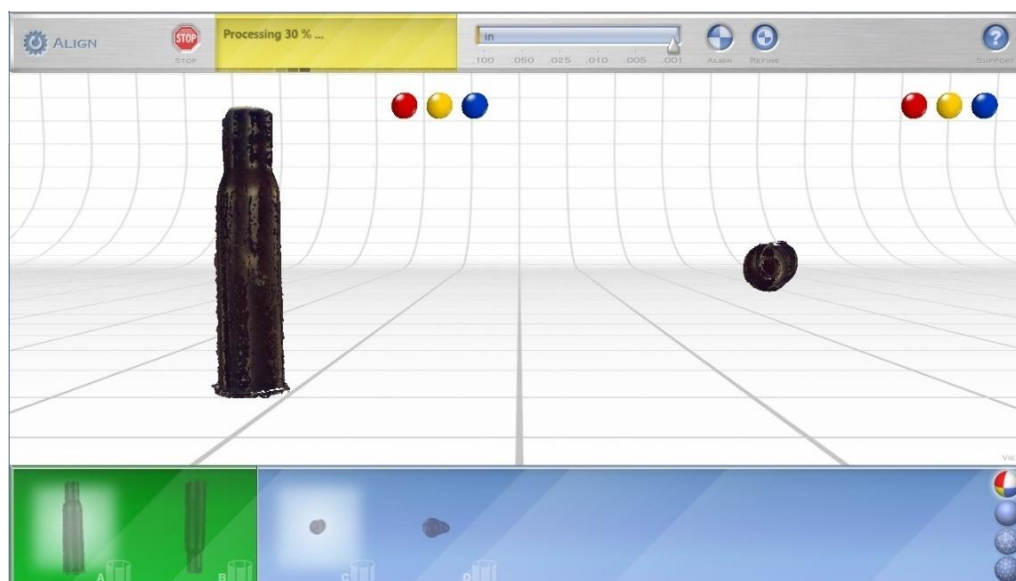


Ilustración 82 – Alineación en proceso 1

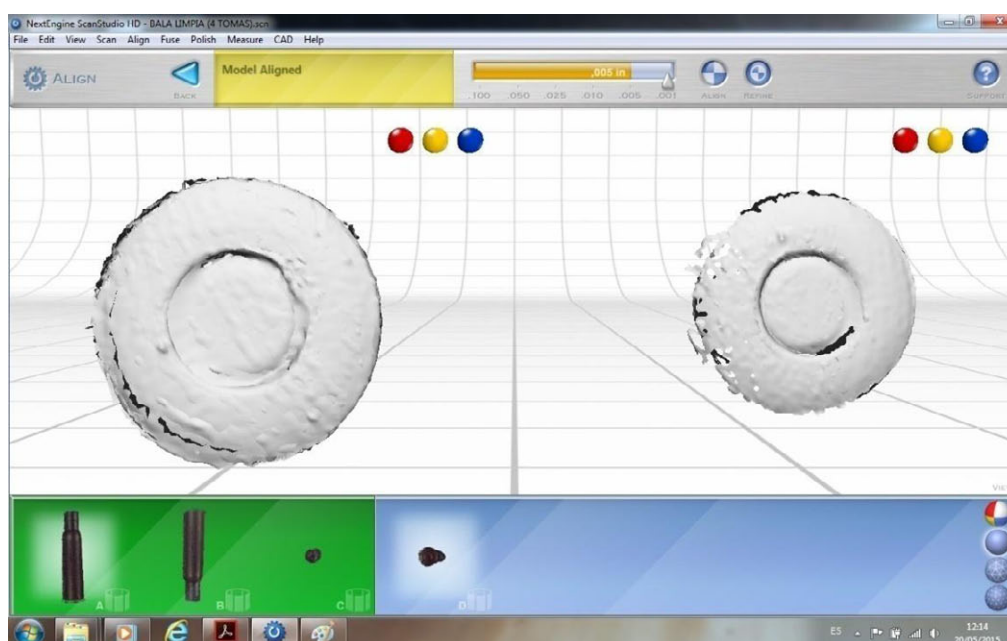


Ilustración 83 – Fin del proceso de alineación 2

A partir de aquí, fue imposible alinear de forma correcta las diversas tomas, los procesos posteriores fueron cada vez empeorando el trabajo. Con lo cual, en el proceso de fusión y rellenado de huecos pude comprobar que era imposible continuar con el desarrollo de este proceso.

Como conclusión final determiné que, el brillo de cualquier objeto metálico si es intenso y no contiene trazas de material que apaguen o mitiguen el poder de reflexión del brillo del mismo, afectará tanto o más al poder de escaneado cuanto mayor sea la capacidad de reflexión o brillo del material metálico.

Por último, realicé las pruebas pertinentes con la Vaina de Bala Parda Pequeña. Con la Vaina de Bala supuse que podrían aparecer ciertos problemas, debido sobre todo al tamaño de la misma. Las Vainas del PFC son de pequeño tamaño y por ello el escáner deber forzar sus capacidades para poder obtener datos con la mayor calidad posible, pero además, la Vaina Parda Pequeña es la de menor tamaño de todas, por lo que el escáner llegó al límite de sus capacidades con la Vaina de Bala Parda Pequeña.

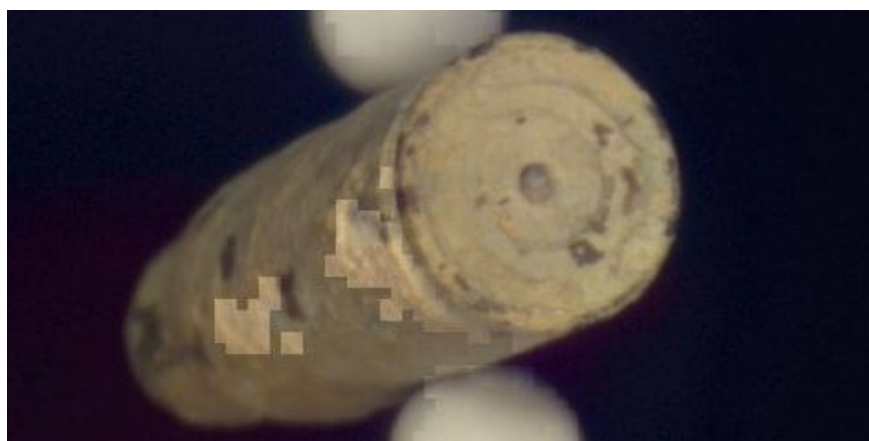


Ilustración 84 – Vaina de Bala Parda Pequeña 2



Ilustración 85 – Vaina de Bala Parda Pequeña posición 6



Como se puede observar en las dos imágenes anteriores, el escaso tamaño de la Vaina de Bala Parda Pequeña, hace que incluso las fotografías tomadas aparezcan pixeladas por el pequeño tamaño de la misma. Por ello, todo el trabajo que posteriormente se realizó se vio afectado por esta falta de calidad.

Proseguí con el trabajo como si no hubiera habido problemas de calidad en la obtención de los datos para comprobar hasta dónde podría llegar con el desarrollo del modelo de la Vaina de Bala Parda Pequeña.

Programé 8 tomas diferentes con las que son más que suficientes para obtener todas y cada una de las partes completas de la vaina de bala, consiguiendo cierto solape entre todas ellas.

Determiné la calidad que quería para el trabajo. Ello afectó sin duda, tanto a la duración de la exploración como al tamaño del archivo que posteriormente se generó. En el caso del PFC, determiné una calidad alta o HD.

Marqué la pestaña NEUTRAL, ya que esto está referido al tipo de color del objeto, en cuyo caso no es un objeto neutro, ni muy oscuro, ni muy claro. En quinto lugar, seleccioné MACRO en cuanto al rango, ya que el objeto, es un objeto de pequeño tamaño.

Una vez configurados y determinados los parámetros, se indicó en la parte inferior de la pantalla de configuración del tiempo que tardará el proceso de exploración y obtención del modelo digital de la vaina de bala, así como, de la cantidad de espacio que ocupará el fichero que se genere a partir de estas exploraciones.

Seleccioné ampliamente el recorrido que llevaría la vaina en su movimiento, realizando un cerco a modo de rectángulo que contendrá este recorrido. Con ello el programa solo se centrará en esta zona seleccionada a la hora de adquirir las tomas de datos de la vaina de bala.

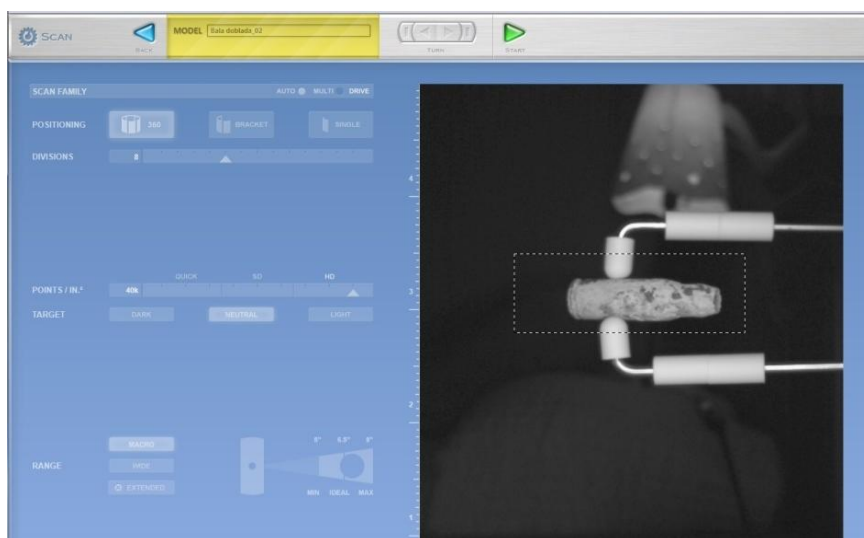


Ilustración 86 – Configuración de las tomas 2

El proceso de toma de datos continuó como si no hubiera habido ningún tipo de problema de calidad previo a las mismas para comprobar hasta qué punto del proceso podría llegar y completar. Como se puede observar en estas capturas de pantalla, los resultados que se iban obteniendo no era de una calidad suficiente.

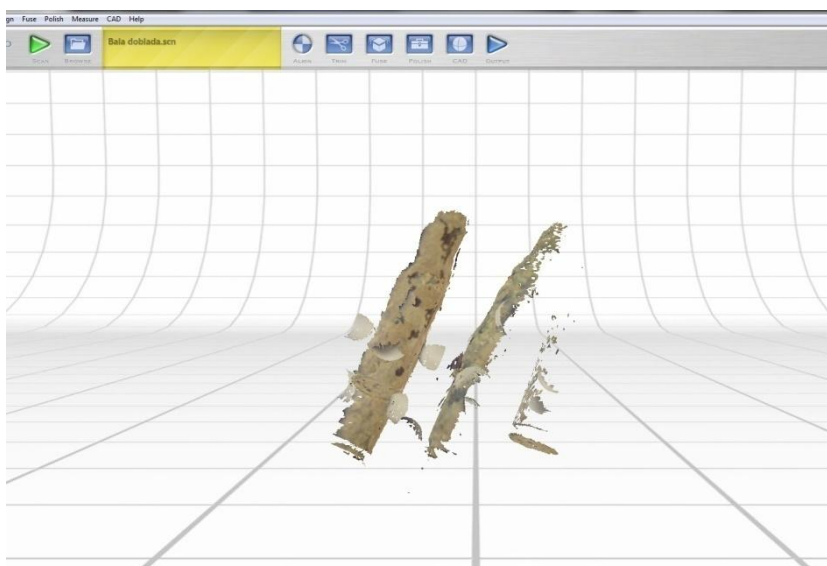


Ilustración 87 – Obtención de la primera toma

Posteriormente y corrigiendo las configuraciones iniciales pude obtener algo más de calidad en los resultados, pero siguieron siendo ineficaces para poder realizar el trabajo finalmente.

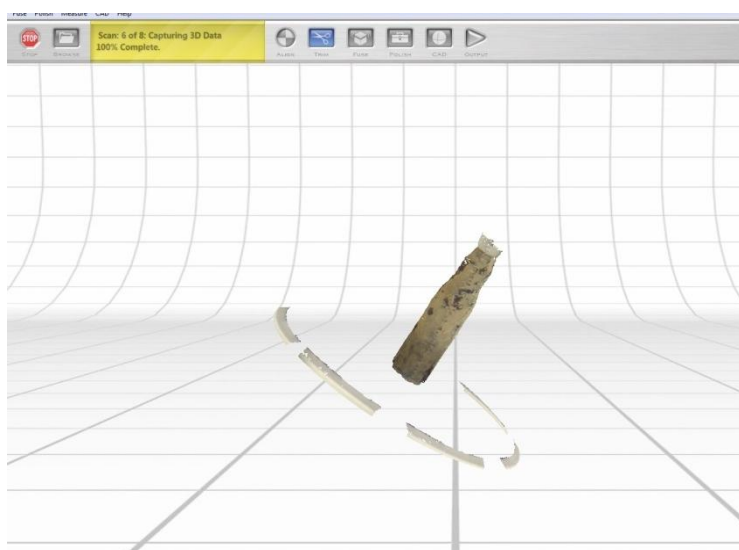


Ilustración 88 – Resultado mejorado 1



Una vez eliminados los elementos mediante la herramienta TRIM, se aplicó la herramienta de ALIGN, para alinear las diferentes familias generadas por las tomas de vistas sucesivas.

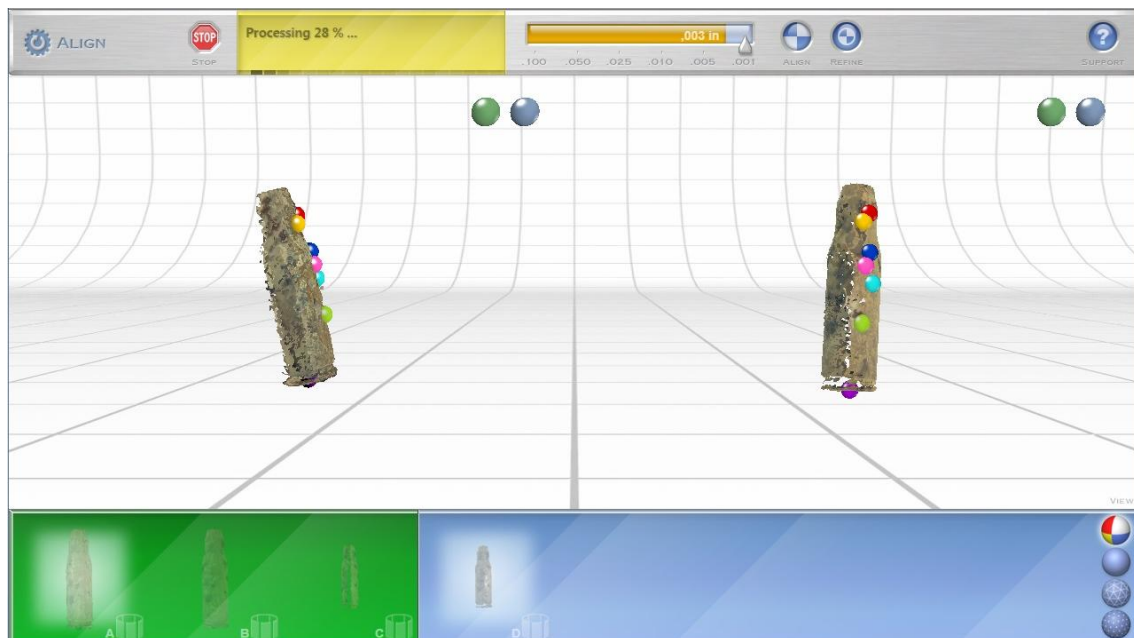


Ilustración 89 – Pins de alineación



Ilustración 90 – Alineación en proceso

Se intentó la fusión de las diversas partes y posteriormente el relleno de huecos pero no se consiguió el resultado necesario como para continuar con el proceso por falta de calidad y precisión en los modelos obtenidos.

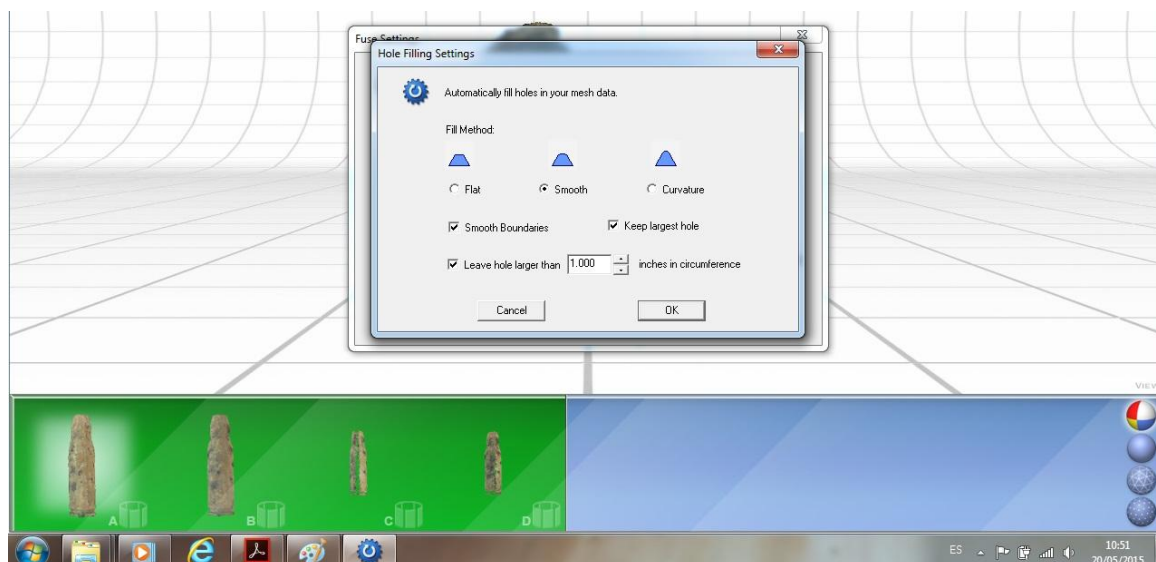


Ilustración 91- Otros parámetros de fusión

A partir de aquí fueron cada vez empeorando los trabajos realizados. Por ello, en el proceso de fusión y relleno de huecos pude comprobar que era imposible continuar con el desarrollo de este proceso, por el problema que planteaba el tamaño de la pieza a tratar.

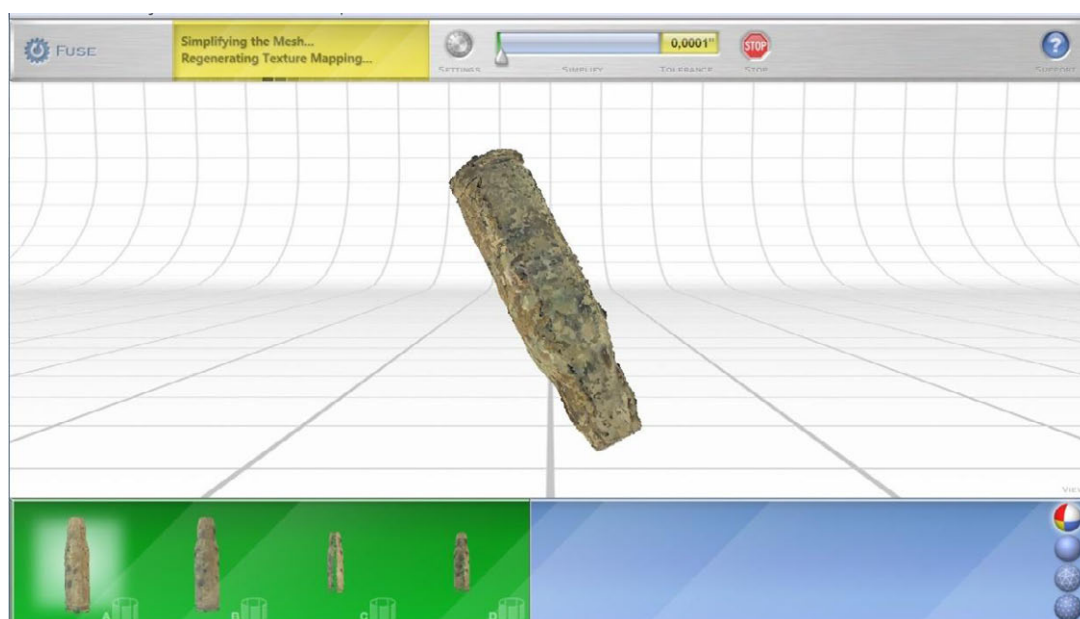


Ilustración 92 - Procesado del fusionado

## 4. PREPARATIVOS

Una vez conocido el escáner, sus diferentes partes y componentes así como, su utilización y el proceso de digitalización con el software específico, pasamos a la realización del proyecto en sí. Y trabajé en la representación tridimensional de vainas de bala de la Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española, mediante utilización de tecnología escáner láser 3D.

A continuación se detallará todas y cada una de las parte que llevó al desarrollo, generación y composición del proyecto final.

En primer lugar ha de colocarse el escáner en posición vertical asegurándose de su correcto asiento. A ello, se le unirán diversos cables y componentes que pasaré a mencionar y describir.

– **Escáner.** El escáner es en sí, el alma y la pieza más importante de todo el conjunto que forma este equipo. Permite realizar el proceso real de escaneado y captura las fotografías necesarias para el desarrollo del proyecto.

– **Cable de corriente.** Como su nombre indica es el cable que proporciona la corriente necesaria para el correcto funcionamiento y alimentación del escáner propiamente dicho.

– **Base giratoria.** Es la base sobre la cual se apoyan los objetos y la que permite con su movimiento giratorio de 360º, la obtención de puntos e imágenes de los objetos por todas sus caras.

– **Cable de alimentación de la base giratoria.** Es el cable que permite la utilización de la base giratoria para el desarrollo de las tomas y parte de la base giratoria hacia el escáner en sí.

– **Barras y soportes.** Aquí podíamos encontrarnos varios objetos diferentes y con diversas formas pero que en realidad servían para un mismo cometido, contener y soportar los objetos que fueran a ser estudiados.

Las barras pueden montarse a rosca en los laterales de la base giratoria, sobre cada una de las cuatro esquinas de la base giratoria, utilizándose a modo de sujeción y para facilitar el movimiento del siguiente componente, tal y como actuaría una pluma de grúa en una obra.

Sobre estas barras se montan varios tipos de soportes que pueden ser con una plataforma circular de menor tamaño a la de la base giratoria o con unos agarradores en forma de dedal de costura hechos de caucho que permiten sujetar objetos dependiendo del tamaño del objeto que vayamos a estudiar.

Para objetos grandes se situarían en la misma plataforma de la base giratoria, para objetos medianos sobre la base circular pequeña que se monta sobre la barra y para objetos pequeños bastaría con la utilización de los dedos de caucho.

– **Cable USB.** Este cable USB se utiliza para poder sincronizar el escáner con el software a utilizar así como para transmitir la información captada por el escáner al ordenador para su posterior utilización en el desarrollo de nuestro trabajo.

– **Otros objetos.** Los objetos que forman la composición del escáner ya están mencionados, aunque dentro del maletín que contenía todos estos aparatos también podíamos encontrar otros cables como alargadores por si fuera necesario para la conexión del escáner a la corriente eléctrica.

También contábamos con rotuladores de pizarra, una pelota de rugby pequeña para su posible utilización como elemento de prueba para realizar tomas de vistas y por último podíamos encontrar el CD de instalación del software necesario para el desarrollo del trabajo, que en nuestro caso se trata del programa ScanStudio HD.

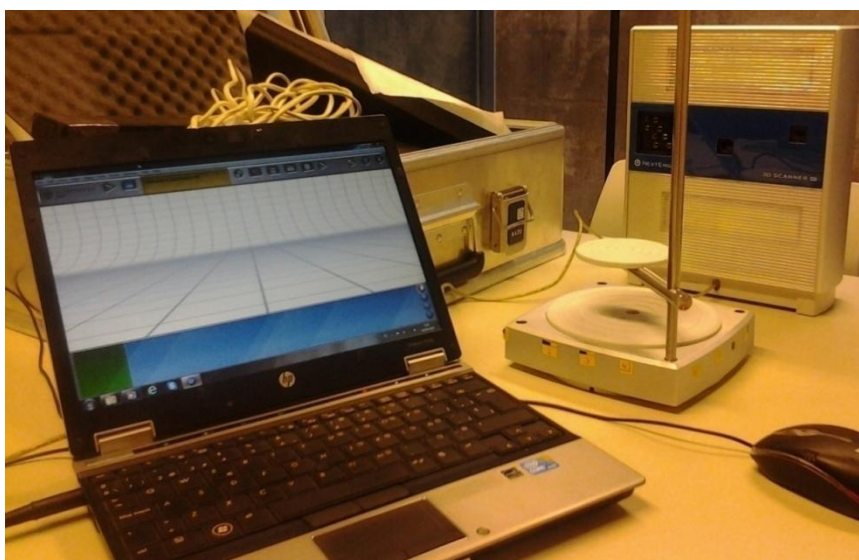


Ilustración 93 – Escáner láser 3D montado



Ilustración 94 – Vídeo de la organización de los componentes del escáner en el maletín



## 5. HISTORIA DE LAS VAINAS DE BALA

### 5.1. CONTEXTO HISTÓRICO DE LAS VAINAS DE BALA

El trabajo del proyecto que nos ocupa se desarrollará sobre un total de cinco vainas de bala que pertenecen a un conflicto bélico español y por tanto, a uno de los momentos históricos más oscuros de nuestro país. En concreto, estas cinco vainas de bala son pertenecientes a la Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española que se desarrolló entre los años 1936 y 1939. Las vainas de bala fueron disparadas entre el 6 y el 27 de Febrero de 1937, mes en el cual transcurrió dicha Batalla entre los términos municipales de Arganda del Rey, Rivas Vaciamadrid, San Martín de la Vega y Morata de Tajuña principalmente.



Ilustración 95 – Vainas de bala de la Guerra Civil Española

La Batalla del Jarama se inició por parte del bando sublevado como parte de un plan para conseguir cortar las comunicaciones de Madrid, que por aquel momento estaban bajo el bando republicano.



El diseño de la operación inicial era una acción de gran envergadura por el Sur-Este de Madrid, acción militar que incluía la toma de Arganda del Rey, cortando las comunicaciones hacia Valencia, separando la zona republicana en dos para proseguir el avance hacia Alcalá de Henares para alcanzar la carretera de Barcelona.

La batalla toma nombre de las primeras operaciones bélicas para la conquista en poco más de cuatro días de la zona del río Jarama. Las unidades republicanas, dispersas en el inicio de la ofensiva, se agruparon al mando del general José Miaja el 15 de Febrero, conformando en total cuatro Divisiones que consiguen evitar el avance hacia Arganda.

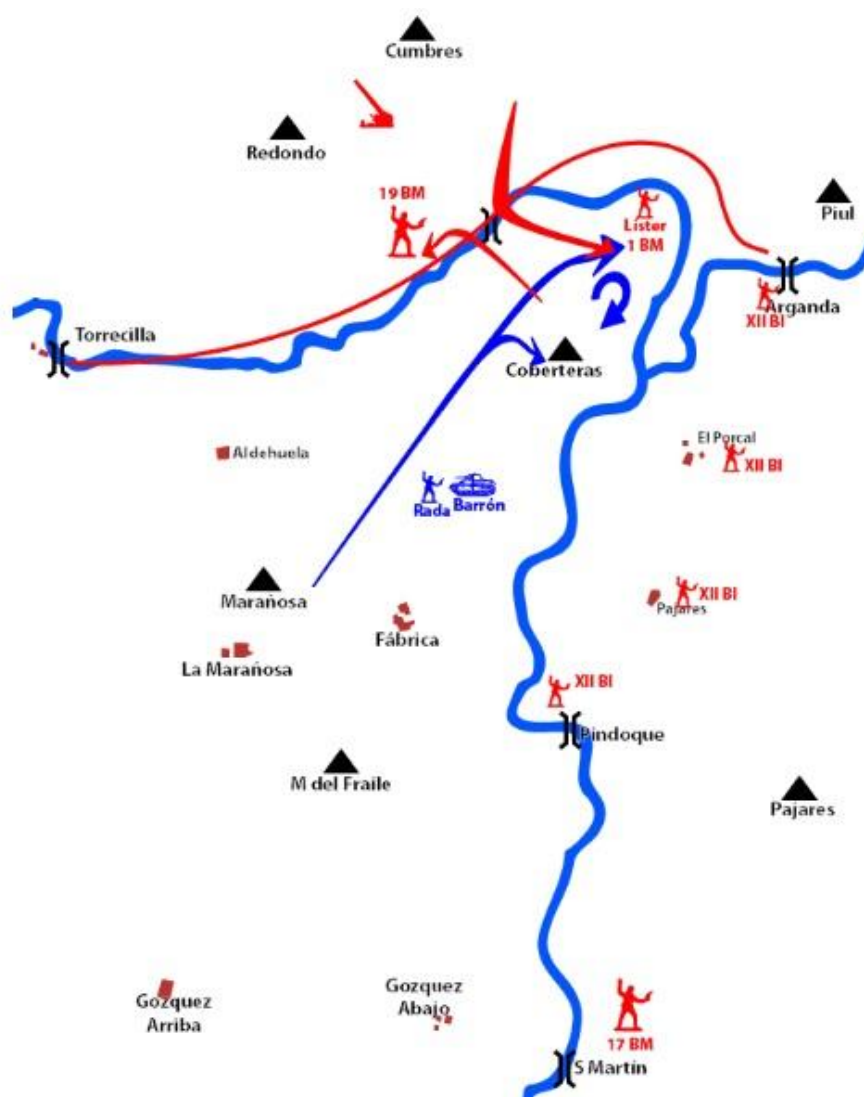


Ilustración 96 – Frente de la Batalla del Jarama

La Batalla del Jarama fue sin duda una de las batallas más importantes de la Guerra Civil en cuanto a su objetivo inicial, su desarrollo en número de tropas y víctimas, así como, en el efecto final que tuvo sobre el compendio general de la Guerra Civil, pues la defensa del puente de Arganda por parte del bando republicano retrasó los planes del bando sublevado de cercar Madrid y con ello el final de la guerra.

En la Batalla del Jarama se enfrentaron gran número de tropas entre las cuales se encontraban:

– **Fuerzas Nacionales.** Las fuerzas sublevadas estaban integradas en la llamada División Reforzada de Madrid al mando de Luis Orgaz Yoldi. Dentro esta División estaban presentes las brigadas I, II, III, IV y V. En ellas estaban integradas unidades de la Legión, Regulares, Unidades Panzer I (55 carros de combate), además de infantería, artillería, artillería antiaérea, unidades antitanque y zapadores. Tras los combates iniciales las continuas bajas sufridas por las tropas moras ocasionaron serios problemas, al no contarse, puntualmente, con suficientes voluntarios marroquíes en esos momentos.

La fuerza aérea estaba compuesta por bombarderos Junkers-52/3m y los cazas Fiat CR32 pilotados por españoles e italianos y recibió inicialmente serios reveses, debido a las peores prestaciones aéreas de los cazas italianos.

Sin embargo la adopción de nuevas tácticas y el reemplazo por tripulaciones más combativas principalmente españolas, lograron inclinar el dominio del aire al lado nacional. El alto mando de toda la operación estaba compuesto por los generales José Enrique Varela, Luis Orgaz Yoldi y Ricardo Rada Peral.



Ilustración 97 – Fuerzas Nacionales en la Batalla del Jarama

– **Fuerzas Republicanas** : Por el bando republicano estaban presentes las Brigadas Mixtas 17ª, 18ª, 19ª, 23ª, 24ª, 45ª, 48ª y las Internacionales XI, XII y XV.

Formaban todas ellas tres agrupaciones de combate de infantería y unos 30 carros, una agrupación de reserva y una agrupación de artillería. Al mando estaban los coroneles Eliseo Chorda, Ricardo Burillo Stholle, Álvarez-Coque y el teniente coronel Fernando Casado Veiga. La fuerza aérea estaba compuesta por Polikarpov I-15, Polikarpov I-16, Polikarpov RZ y Tupolev SB-2.

El alto mando republicano lo componían los generales Sebastián Pozas Perez, José Miaja y el Comandante Enrique Lister. Las rivalidades entre Pozas Perez y Miaja afectaron negativamente en el inicio de la batalla a las fuerzas republicanas, girando favorablemente la situación al recibir el mando Miaja.

Por otro lado, las diferencias de criterio entre los asesores militares rusos y los mandos republicanos españoles ocasionaron situaciones críticas en el desarrollo de las operaciones dándose además problemas de coordinación en el apoyo de la aviación y carros a la infantería.

Los republicanos también sufrieron situaciones de escasez y abastecimiento erróneo de municiones en momentos cruciales debido a la falta de planificación. Una sección de ametralladoras del Batallón inglés de las Brigadas Internacionales no pudo usar sus máquinas por recibir cintas de munición de otro calibre, debiendo combatir con sus fusiles hasta la aniquilación, en la llamada "Colina del Suicidio".



Ilustración 98 – Fuerzas Republicanas en la Batalla del Jarama

– **Los Combates.** El 6 de Febrero, la División Reforzada de Madrid con unos 19.000 hombres de infantería y dos batallones con ametralladoras pesadas y de carros de combate alemanes, integrados en el Batallón de Carros de Combate y no en la Legión Cóndor, pues esta aún tardaría en incorporarse al conflicto, avanzó hacia Ciempozuelos hasta enfrentarse en los primeros días con algunas brigadas republicanas de no más de 3.000 hombre que, en total, sufrieron bajas estimadas en 1.800 en las primeras 48 horas.

Al otro lado del río Jarama, la orografía permitía una defensa fácil al ejercito republicano, ya que desde los riscos se dominaba todo el Valle del Jarama.



**Ilustración 99 – Lugar real de la batalla**

El mando republicano había acumulado fuerzas en la zona, pues tenía planeado realizar una ofensiva. Pero el ataque de los nacionales se les adelantó. Al no conocer bien las intenciones del enemigo, dividió sus fuerzas entre la línea del Manzanares y la del Jarama. Las Brigadas Internacionales todavía no estaban preparadas, sobre todo la XV, pero se les envió al frente el 7 de Febrero. Algunas, como la XI, no llegaron al frente hasta el día 12. Además, aún no habían decidido quién deberían ostentar el mando de la agrupación, a lo cual Lister atribuyó el retraso.

La iniciativa cambia de bando entre el 12 y 18 de Febrero de 1937. La entrada en combate de la V apoyada por tanques T-26 del general Pavlov logra abrir una brecha entre las Brigadas de Barrón y Buroaga empujándolas hacia el río. La Brigada de Asensio no logra tomar la cota 700 defendida por la XV de las Brigadas Internacionales mientras la llegada de la XIV presiona en el puente de Arganda.





*Ilustración 100 – Defensa del Puente de Arganda*

Las escuadrillas de los Polikarpov detienen a los Junkers y se adueñan del cielo castigando las líneas franquistas. El contraataque pone en aprietos al general Varela pero nuevos refuerzos y las baterías instaladas en La Maraños y el Pingarrón impiden una total retirada de las fuerzas nacionales.

El día 11 las fuerzas nacionales llegaron con rapidez al lado derecho de la carretera de Morata de Tajuña. Al día siguiente, ya sin la superioridad aérea, que se había visto sorprendida por unos cuarenta cazas rusos, otras unidades nacionales tomaron los puentes de Pindoque y San Martín de la Vega sobre el río Jarama mediante sendos golpes de mano, que los republicanos conservaban intactos para realizar su frustrada ofensiva. Ambos tenían colocadas cargas de demolición, pero fueron desconectadas o fallaron, produciéndose algún daño que no impidió el empleo de los puentes por los nacionales.

No pudiendo ocupar el Puente de Arganda por la resistencia del Batallón Garibaldi, las unidades nacionales trataron de ocupar la meseta de Morata para dirigirse a Arganda, siguiendo el curso de la carretera de San Martín de la Vega a Morata. En una operación planeada por el general ruso Pavlov, tres brigadas republicanas, junto con las Brigadas Internacionales XI y XV, frenaron el avance por la meseta.





*Ilustración 101 – Ataque Nacional*

Los intentos de cruzar la zona continuaron hasta el día 15. Las tropas republicanas organizaron una contraofensiva el día 17, tratando de hacer retroceder al ejercito nacionalista. Los combates duraron hasta el 27 de Febrero, sin que el frente apenas se moviera, destacándose los duros combates por la cota llamada "El Pingarrón" que cambió varias veces de manos y que acabó en poder de los nacionales.

Tras la batalla ambos bandos hicieron obras de fortificación y se realizaron algunas operaciones secundarias e irrelevantes. Los republicanos crearon posiciones defensivas tras el río Tajuña, para resistir una posible futura ruptura del frente, si se volviera a repetir una ofensiva nacional.

El bando sublevado conservó el terreno que conquistó al otro lado del río, fortificando las posiciones y permaneciendo durante toda la contienda.

El bando republicano, aunque cedió terreno, detuvo la maniobra envolvente del enemigo, pero, al igual que en la Ciudad Universitaria, se vio obligada a dejar una considerable fuerza para defender la zona durante toda la guerra en detrimento de otros frentes.

La carretera de Madrid-Valencia no logró ser tomada por los nacionales, pero quedó a tiro de artillería y ametralladora, siendo frecuentemente batida a la altura de Rivas, por lo que hubo que desviar el tráfico.

## 5.2. VESTIGIOS ACTUALES



Ilustración 102 – Fortín en el Río Jarama en Arganda del Rey



Ilustración 103 – Bunker en Rivas Vaciamadrid





Ilustración 104 – Bunker en La Marañosa



Ilustración 105 – Puente Pindoque en San Martín de la Vega





Ilustración 106 – Bunker en el Camino del Valle (Arganda)



Ilustración 107 – Trincheras en Rivas Vaciamadrid



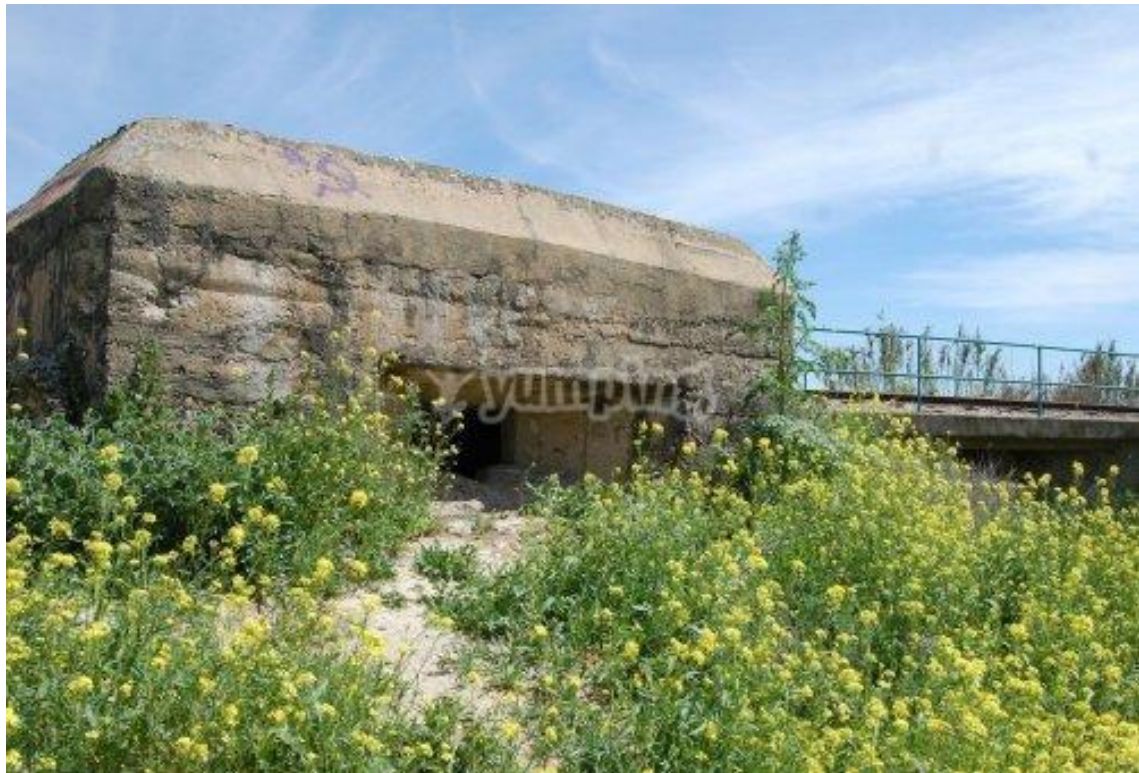


Ilustración 108 – Bunker en La Poveda (Arganda)



Ilustración 109 – Cuevas en Las Arenas (Arganda)



## 6. DESCRIPCIÓN DE LAS VAINAS DE BALA

Una vez situados en el tiempo de la contienda militar y habiéndonos hecho una idea de la historia y procedencia de estas las Vainas de Bala que van a modelizarse en 3D en el presente PFC comienza el procesamiento de las mismas y a su posterior estudio.

A continuación se mostrarán el conjunto de las cinco Vainas de Bala utilizadas en el proyecto, así como los trabajos de modelado completo realizado con tres de ellas.



Ilustración 110 – Vainas de Bala del proyecto

El proyecto se ocupa de las cinco Vainas de Bala que se observan en la imagen superior. Se trata de cinco Vainas de Bala encontradas en momentos, días y lugares diferentes repartidos por toda el área en la que se produjo la Batalla del Jarama en Febrero de 1937. En concreto se encontraron en las zonas de Las Arenas, en El Barranco del Ajero y en El Camino del Valle pertenecientes al término Municipal de Arganda del Rey, así como, en La Marañoso y en El Piúl (Puente de Arganda - Rivas Vaciamadrid).

### 6.1. Vaina Parda Grande. (Nº1)



Ilustración 111 - Vainas Parda Grande (Nº1)

Esta Vaina de Bala a la que he puesto el nombre de Vaina de Bala Parda Grande fue encontrada en la zona de Las Arenas en el término municipal de Arganda del Rey y es del calibre 7,62x64 R Mosin. Es un lugar con gran cantidad de yesos en el terreno, quedando próximo a lugares de extracción de material arenoso y a canteras yesos.

Se encontró en una zona de gran influencia en la batalla, donde tuvo lugar gran parte de sus acciones bélicas. Esto se debe a que es una hondonada bordeada de altos cerros en forma de semicírculo que rodean un pequeño cerro solitario que se fortificó como punto de resistencia ante el avance nacional. Es por ello, que su importancia estratégica resultaba vital para dicha contienda y de ahí, la gran cantidad de proyectiles que se dispararon sobre aquella misma zona entre los días 6 y 21 del mes de Febrero de 1937 en la Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española.

## 6.2. Vaina Oxidada. (Nº2)



Ilustración 112 – Vainas Oxidada (Nº2)

Esta Vaina de Bala a la que he puesto el nombre de Vaina de Bala Oxidada fue encontrada en la zona de La Marañoso en el término municipal de Getafe, aunque a una gran distancia de su centro urbano y es del calibre 7,62x64 R Mosin.

Esta zona, actualmente, es un área boscosa muy frondosa, con gran cantidad de pinos que impiden la visión de vestigios históricos de la Batalla del Jarama a una cierta distancia.

La Vaina de Bala Oxidada, fue encontrada en un barranco de esta zona que descendía hacia el Río Manzanares antes de su desembocadura en el río Jarama, entre La Marañoso y Rivas Vaciamadrid. Es por ello, por localizarse en un lugar donde gradualmente se acumula cierta cantidad de agua que se encontrase en este estado con este grado y cantidad de oxido, que ha resultado satisfactoria para el trabajo tal y como expondremos con más detalle posteriormente.

### 6.3. Vaina Limpia. (Nº3)



Ilustración 113 – Vainas Limpia (Nº3)

Esta Vaina de Bala a la que he puesto el nombre de Vaina de Bala Limpia fue encontrada en la zona de El Barranco del Ajero en el término municipal de Arganda del Rey aunque muy cerca al término municipal de Morata de Tajuña y es del calibre 7,62x64 R Mosin.

Esta es una zona frondosa aunque relativamente despejada sobre la que se puede visualizar bastante bien ciertos tipos de construcciones militares o vestigios de la época de la Batalla del Jarama perteneciente a la Guerra Civil Española.

La Vaina Limpia fue encontrada en una zona de una sucesión de cerros elevados formando una pequeña cordillera, que se encuentra muy bien fortificada con numerosos nidos de ametralladora formando en la misma dirección y situadas formando una línea fortificada muy potente defensivamente. Fue localizada entre dos de estos nidos de ametralladoras de esta línea fortificada que domina desde este área elevada, los dos valles de los cuales forma la línea divisoria que los separa.

#### 6.4. Vaina Parda Pequeña. (Nº4)



Ilustración 114 – Vainas Parda Pequeña (Nº4)

Esta Vaina de Bala a la que he puesto el nombre de Vaina de Bala Parda Pequeña fue encontrada en la zona de la finca El Piúl en el término municipal de Rivas Vaciamadrid y junto al famoso puente de Arganda, el cual separa los términos municipales de Rivas y Arganda. Ésta, es una zona despejada con poca vegetación de gran envergadura, dominada por matojo bajo y formada por gran cantidad de arenisca y es del calibre 8x42 Brixia. Por ello, es zona de canteras y graveras de extracción de material para obra. Es de ahí, de donde nacen las cuantiosas lagunas y charcas que se esparcen por todo este área, formando con ello además una reserva protegida medioambientalmente como es el parque regional del Sur-Este.

Esta Vaina de Bala Parda Pequeña, fue encontrada sobre los altos cerros que se localizan en Rivas Vaciamadrid sobre el Río Jarama, al norte del Puente de Arganda y La Poveda, los cuales quedan a los pies de esta alta meseta. Estratégicamente, esta es la zona más importante de la Batalla del Jarama, en el intento de asfixiar Madrid y forzar su rendición.



### 6.5. Vaina Curva. (Nº5)



Ilustración 115 – Vainas Curva (Nº5)

Esta Vaina de Bala a la que he puesto el nombre de Vaina de Bala Curva fue encontrada en la zona del Camino del Valle, aunque no exactamente en esta localización, ya que con la actual configuración del casco urbano de Arganda la zona donde se encontró ha sido en su mayoría, edificada. El nombre que recibía la zona donde se localizó dicha Vaina de Bala recibía el nombre de El Valle de la Mula Muerta. El calibre de esta bala es 7,65x54 Mauser.

Hoy en día se está recuperando la zona de cuevas, trincheras y nidos de ametralladora en el área donde se encontró esta vaina de bala, que se encuentra junto al actual Hospital del Sur-Este en dirección Norte, aunque el Valle antes mencionado es ahora mismo un nuevo barrio de viviendas de Arganda del Rey.

Esta es posiblemente una de las zonas con defensas fortificadas más cercanas al casco urbano de Arganda del Rey en el que se combatió en aquellos días del mes de Febrero de 1937.

## 7. ESCANEADO ESCÁNER LÁSER DE LAS VAINAS DE BALA

### 7.1. ESCANEADO DE LA VAINA DE BALA PARDA GRANDE

#### 7.1.1. Comprobaciones iniciales

En primer lugar se comenzó con el montaje del equipo escáner láser siguiendo las pautas adecuadas para su correcto funcionamiento. Una vez montado el equipo escáner láser y conectado al ordenador mediante el cable USB que viene junto con el equipo, habrá de comprobarse el correcto funcionamiento del mismo.

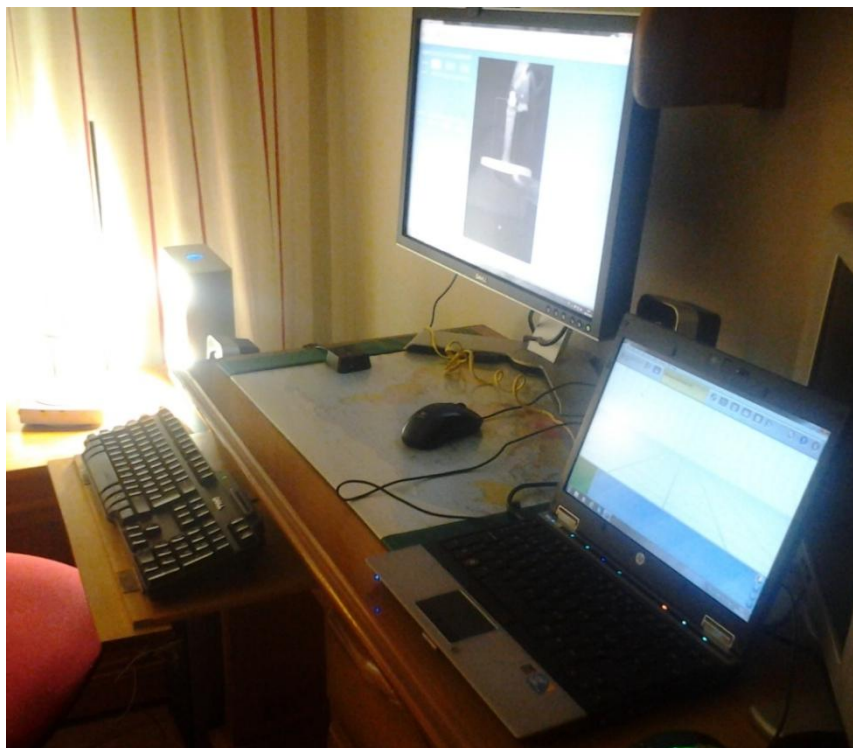


Ilustración 116 – Primeras Exploraciones

#### 7.1.2. Inicio del proceso

Una vez comprobado el correcto funcionamiento tanto del equipo escáner láser como del software (ScanStudio HD) necesarios para el desarrollo del trabajo, y utilizando los componentes más correctos para el tipo de objeto con el que estemos realizando el proceso, proseguimos con el proyecto en sí, iniciando una serie de ajustes para la realización de las tomas de datos necesarias.

En nuestro caso, al tener que trabajar con objetos de pequeñas dimensiones deberemos montar en la plataforma de giro, la barras metálicas y sobre ellas situaremos las plataformas circulares pequeñas como base para apoyar las vainas de bala, por la parte superior se sujetan con los dedales de caucho para evitar tapar en demasía las zonas de las vainas de bala a las que extraer información.

Por ello, una vez montadas sobre las barras metálicas, la plataforma circular pequeña y en su parte superior el dedal de caucho, situaremos la vaina de bala en posición vertical lo más centrada posible sobre la plataforma circular e introducimos el dedal de caucho dentro de la boca de la vaina de bala.



**Ilustración 117 – Vaina de Bala Parda Grande en posición Vertical Directa**

Aunque en la imagen anterior aparecen dos dedales de caucho flanqueando el objeto, finalmente, se mantendrá la composición mencionada anteriormente, formada por la plataforma circular pequeña en la parte inferior y el dedal de caucho en la parte superior.

Con ello se asegura una posición correcta y un asiento fijo que permitirá asegurar completamente que no se producirán movimientos del objeto mientras se está realizando el proceso de toma de datos.

### **7.1.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Parda Grande**

Tras haber montado todo el equipo y los componentes del escáner láser, habiendo comprobado su correcto funcionamiento, la correcta sincronización entre el software y el equipo escáner láser y habiendo situado correctamente la Vaina de Bala Parda Grande con los dedales de caucho superiores e inferiores, pasamos a realizar los ajustes necesarios para el inicio del proceso de toma de datos de esta vaina de bala.

Una vez montada la Vaina de Bala Parda Grande sobre los dedales superior e inferior de caucho, se comprueba que la plataforma giratoria y por tanto nuestra vaina de bala se encuentran a la distancia necesaria para realizar unas correctas tomas de vistas.

También deberemos constatar que al rotar dicha plataforma giratoria, la vaina de bala se mantendrá siempre y en todo momento dentro del campo de visión del equipo escáner láser para obtener un trabajo óptimo. De no ser así, perderíamos información necesaria para poder completar y conformar las diversas caras de este objeto, con lo que no obtendríamos un modelo real del objeto en cuestión y no obtendríamos la calidad y precisión requeridas.

Mediante el software ScanStudio HD se va rotando la plataforma giratoria 360º y comprobando ciertamente que la vaina de bala queda en todo momento dentro del campo de visión del equipo escáner láser. Con lo cual, a continuación mostraremos varias imágenes del proceso necesario a llevar a cabo para poder obtener todas las partes pertinentes del objeto en cuestión, en particular mostraremos 4 de las 8 posiciones reales.

Podremos hacer un seguimiento del desarrollo de las tomas de vistas, de los giros que se van produciendo por el movimiento de la plataforma rotatoria mediante diversas fotografías, que nos irán demostrando los giros que vamos haciendo con la vaina de bala hasta completar una vuelta completa o 360º y obteniendo con ello, la representación en 3D de toda la morfología completa de la Vaina de Bala Parda Grande para poder realizar un modelo digital de esta pieza arqueológica.

#### 7.1.4. Exploración de la Vaina de Bala Parda Grande en 360º



Ilustración 118 – Vaina de Bala Parda Grande en 360º

Tras haber realizado estas exploraciones en 360º de la morfología de la pieza y haber verificado la correcta visualización del objeto durante toda la vuelta completa dentro del campo de visión de nuestro equipo escáner láser, se configura el software para comenzar con las tomas propiamente dichas.

Con ello podremos empezar a obtener las diversas partes de la vaina de bala mediante un modelo digital que es el objetivo del proyecto.

### 7.1.5. Configuración de la toma de datos

En la configuración se establecen los valores de los parámetros necesarios: número de posiciones a realizar, recorrido y calidad de las tomas o distancia al objeto entre otros.

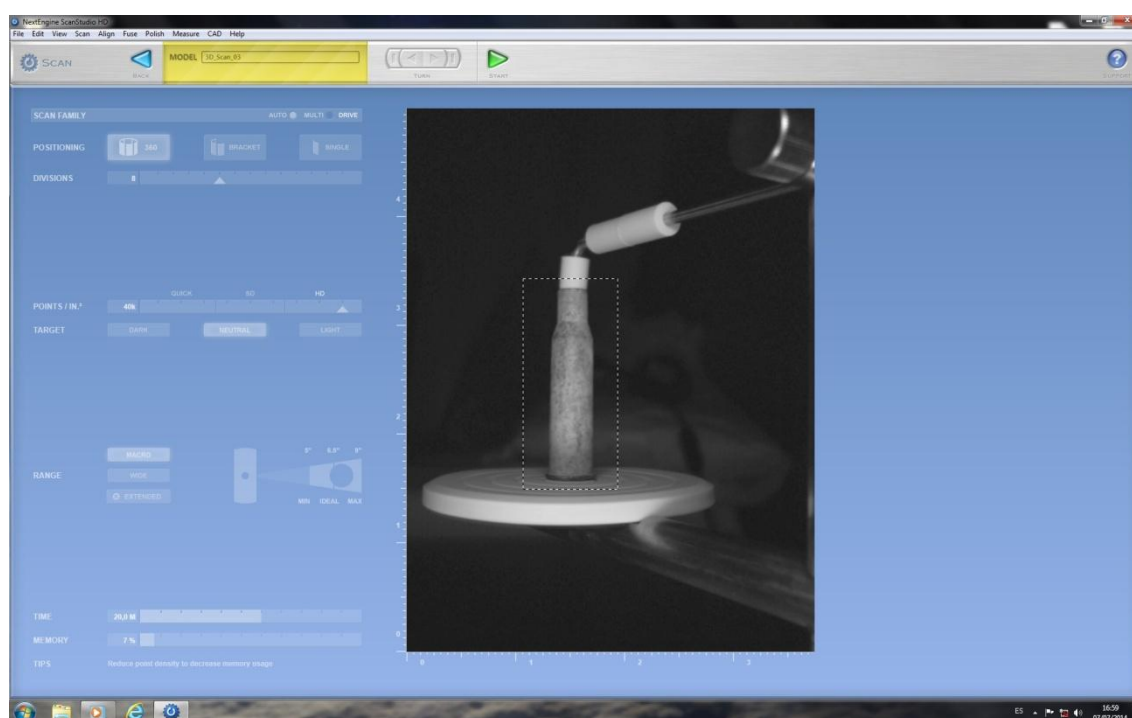


Ilustración 119 – Configuración del programa para realizar las tomas de vistas 1

En primer lugar se prepara para que el escaneo se haga por toda la pieza de forma horizontal. Esto quiere decir, que se realizará el escaneo a 360º respecto de la pieza, con lo que obtendremos la posición vertical de la vaina de bala, en todas sus caras.

En segundo lugar, se indica en el programa que se realicen 8 tomas.



En tercer lugar, podemos determinar la calidad que queremos para nuestro trabajo. Ello afectará sin duda, tanto a la duración de la exploración o tomas de vistas a realizar, así como, en el tamaño del archivo que posteriormente se generará. En el caso de este proyecto, se estableció una calidad alta o HD, en la última de las muescas de este rango, para obtener la máxima calidad posible, aunque con ello alarga la obtención de la toma de y se obtienen archivos de mayor tamaño.

En cuarto lugar, marcaremos la pestaña NEUTRAL, ya que el color del objeto, es un objeto neutro, ni muy oscuro, ni muy claro.

En quinto lugar, marcaremos MACRO en cuanto al rango, ya que el objeto, es un objeto de pequeño tamaño. Si tuviéramos un objeto de tamaño considerable, sería necesario optar por el modo WIDE.

Una vez configurados y determinados todos estos parámetros, se indica en la parte inferior de la pantalla de configuración, el tiempo que tardará el proceso de exploración y obtención del modelo digital de la vaina de bala, así como, de la cantidad de espacio que ocupará el fichero que se genere a partir de estas exploraciones.

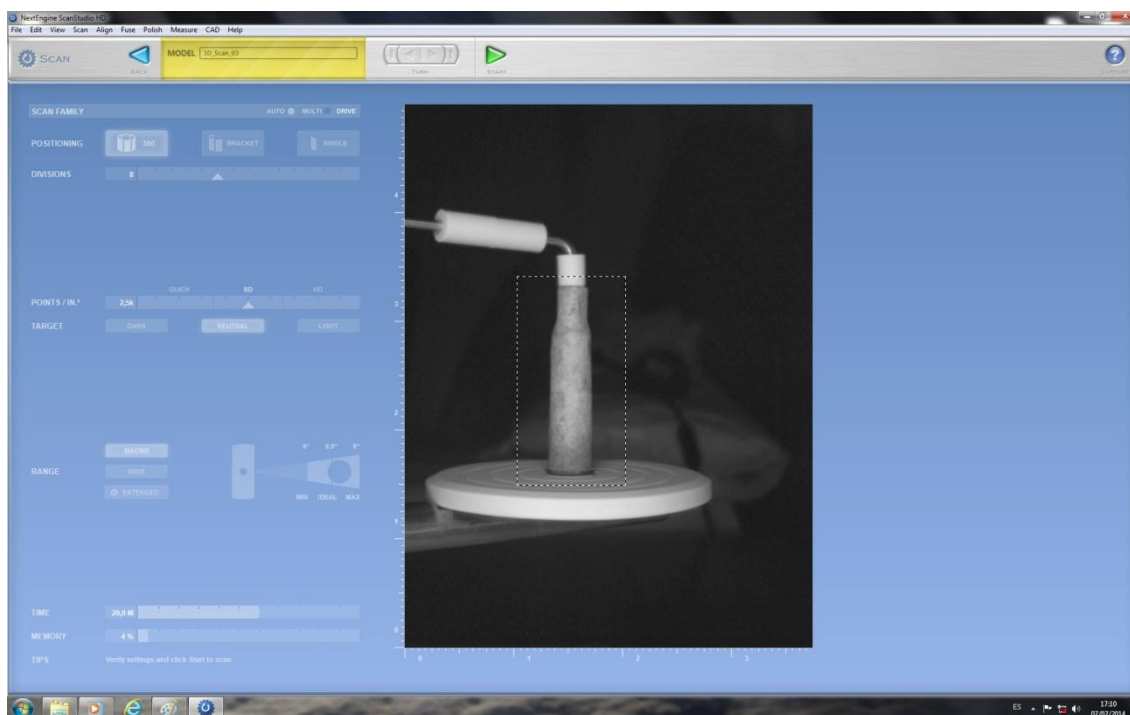


Ilustración 120 – Configuración en la Vaina de Bala Parda Grande

Una vez terminada la configuración y listo para comenzar la toma, realizaremos una última vuelta en 360º de la vaina de bala para observar el recorrido real de la bala.

Seleccionaremos, entonces, ampliamente el recorrido que habrá de llevar la bala en su movimiento giratorio, realizando un cerco a modo de rectángulo que contendrá este recorrido para así, insistir, en que solo se capture esta zona seleccionada a la hora de adquirir las tomas de la vaina de bala.

Así, de esta forma, daremos paso finalmente, al proceso de la toma de la Vaina de Bala Parda Grande, pudiendo obtener a partir de este momento el modelo digital necesario para desarrollar el PFC y por consiguiente, terminando con el proceso de configuración del programa ScanStudio HD.

Cerraremos este ciclo completamente, una vez pinchemos con el cursor del ratón en el triángulo verde de la zona superior de la pantalla para comenzar, por fin, con el escaneo real del objeto de estudio.

#### 7.1.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Parda Grande



Ilustración 121 – escáner láser escaneando la Vaina de Bala Parda Grande

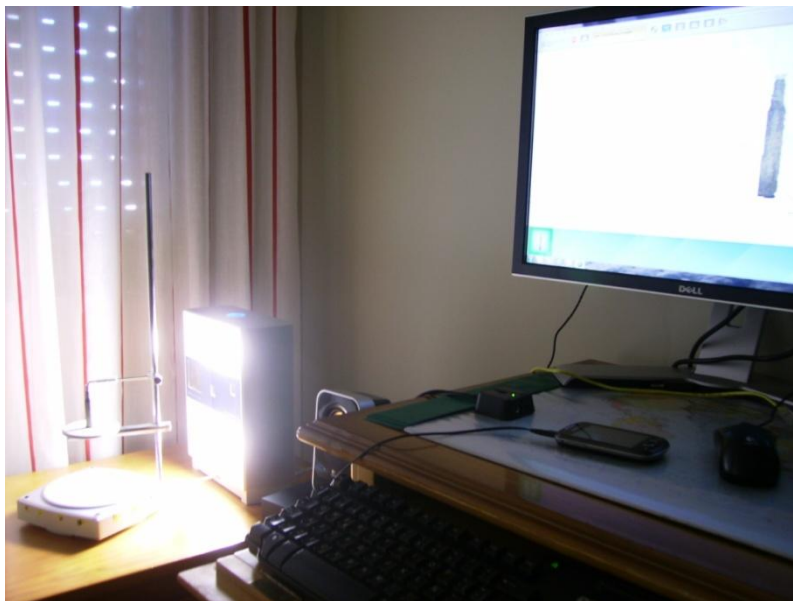


Ilustración 122 – Escaneos de la Vaina de Bala Parda Grande

Una vez terminado todo el escaneo correspondiente, a la posición vertical directa, se realiza el mismo proceso pero en la posición opuesta, en posición vertical inversa para poder obtener el modelo digital desde otro punto de vista que pueda complementar el ya obtenido.

Este proceso deberá repetirse todas las veces que sean necesarias para conseguir un modelo digital completo. En este PFC se realizan un mínimo cuatro tomas de vistas por cada objeto.

La primera toma fue en posición vertical directa tal y como se ha mostrado anteriormente. La segunda es la posición opuesta a ésta, es decir, en posición vertical inversa. Las dos siguientes posiciones serían en posición vertical directa e inversa también aunque ahí, en posición horizontal.



Ilustración 123 – Posición Vertical Inversa zona 1



Ilustración 124 – Posición Horizontal Directa 1



Ilustración 125 – Posición Horizontal Directa 2



Ilustración 126 – Posición Horizontal Inversa 1

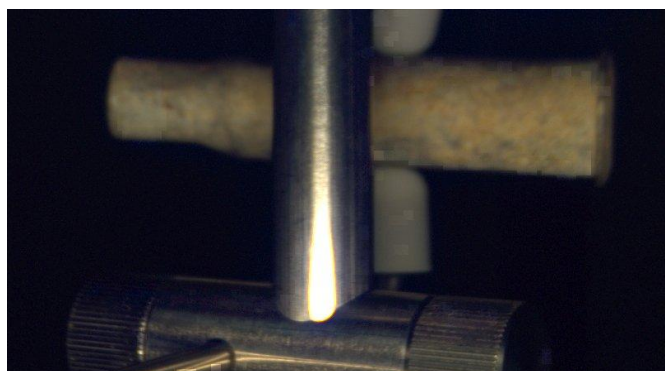


Ilustración 127 – Posición Horizontal Inversa 2



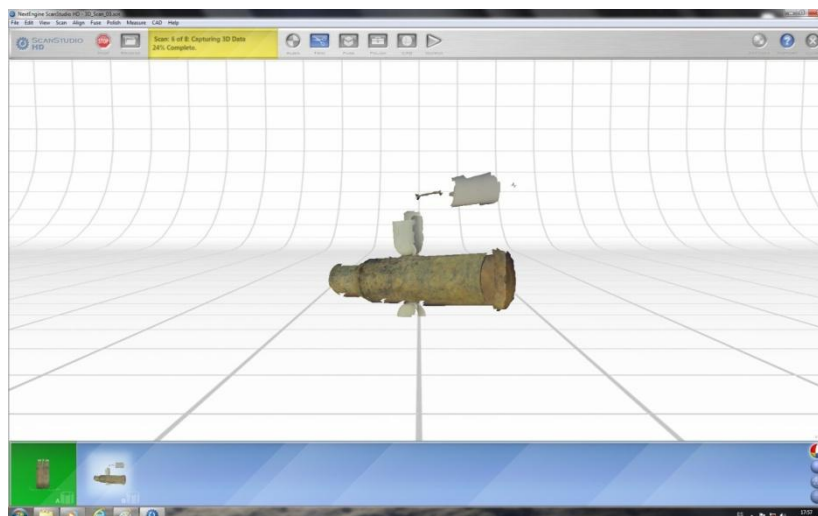


Ilustración 128 – Toma de vistas en posición horizontal directa

Una vez realizadas las cuatro tomas en la parte inferior de la pantalla las cuatro familias y comienza el siguiente proceso que consiste en cortar o eliminar aquellas partes que no correspondan con el objeto a digitalizar y así dejar limpio el modelo.

Este proceso ha de hacerse para todas y cada una de las tomas o familias para posteriormente poder realizar la alineación, fusión y la obtención del modelo.

Una vez realizada la operación de corte y limpieza de las familias con la herramienta TRIM, tenemos las cuatro familias limpias al completo, sin partes extrañas que no tengan nada que ver con el objeto de estudio. A la alineación de las distintas familias para obtener un único objeto como compendio y unión de todas estas familias anteriormente mencionadas.

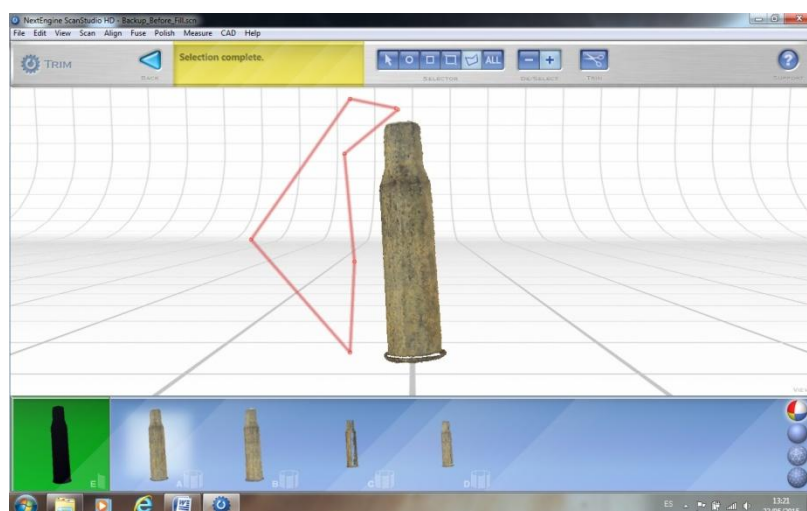


Ilustración 129 – Modelo resultante de la eliminación de elementos externos

Se pueden observar las familias A, B, C y D y una quinta familia que es la familia E, que integra la alineación de las diversas familias limpias de elementos externos, tras haber actuado con la herramienta TRIM de corte.

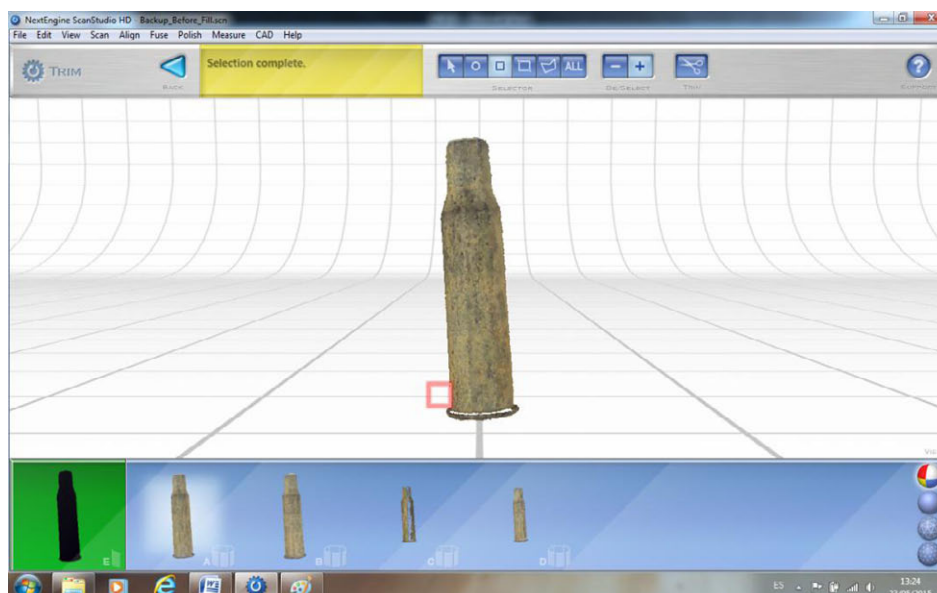


Ilustración 130 – Utilización del elemento de selección cuadrado para eliminar excesos de material

El siguiente paso trata de alinear las distintas tomas de vistas obtenidas en una única sola. El proceso debe comenzar por cada familia. Debemos hacer doble click en cada familia para ampliar la vista de las mismas y empezar la alineación paso a paso en cada una de ellas.

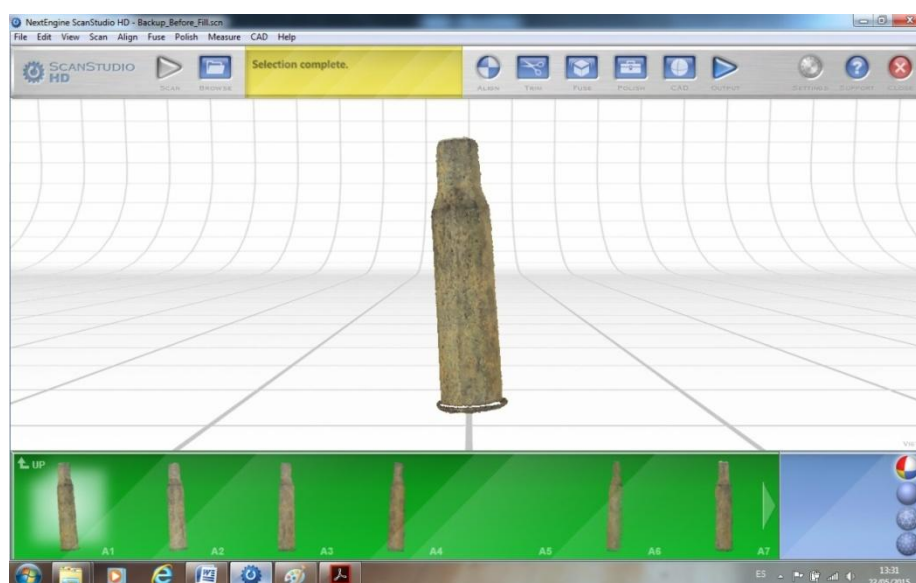


Ilustración 131 – Familia A

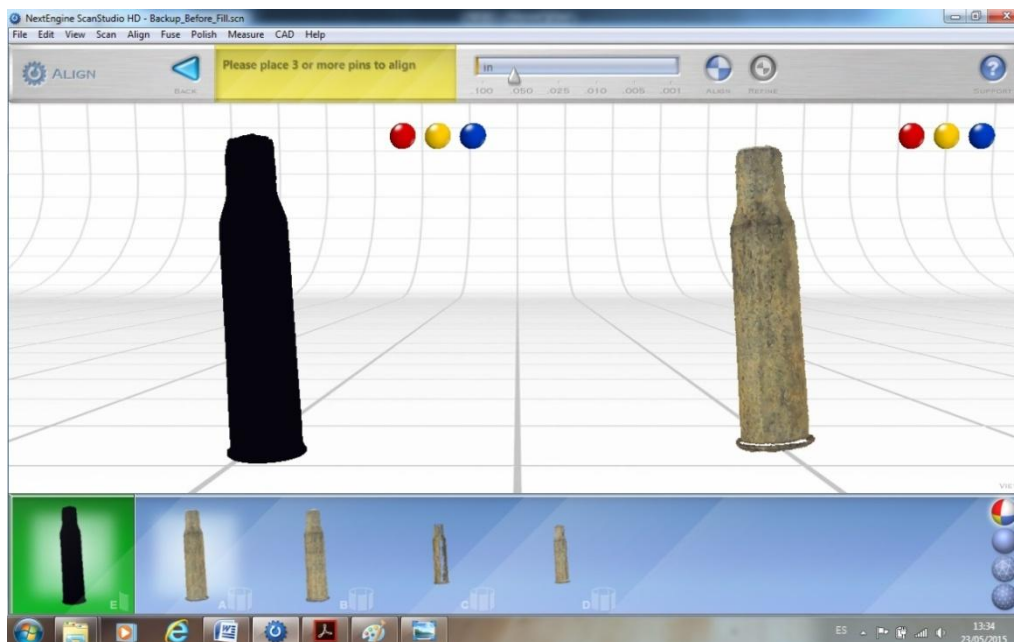


Ilustración 132 – Inicio de Alineación

Existen dos tipos de procesos a la hora de alinear familias. El primer tipo de proceso corresponde a la unión de diferentes partes dentro de una misma familia, que se realizará uniendo estas partes con un único PIN. El segundo tipo de unión alineará las diversas familias con al menos 3 PINS.

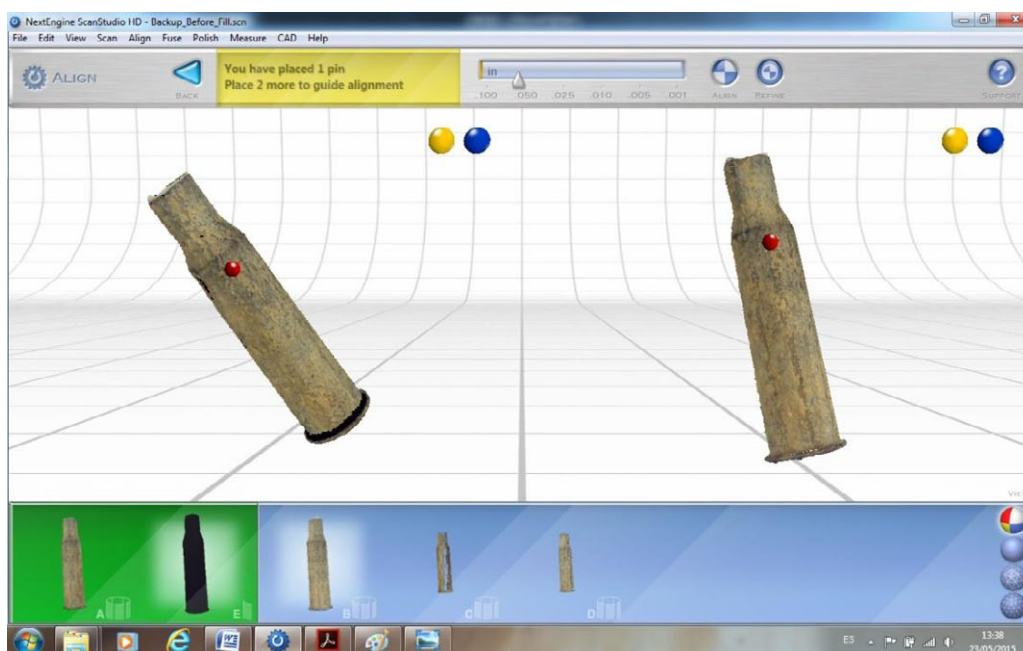
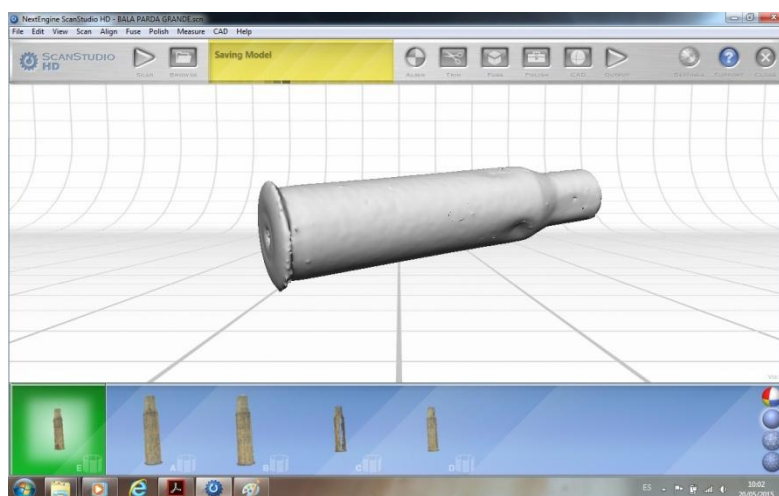


Ilustración 133 – Alineación de varias familias diferentes.

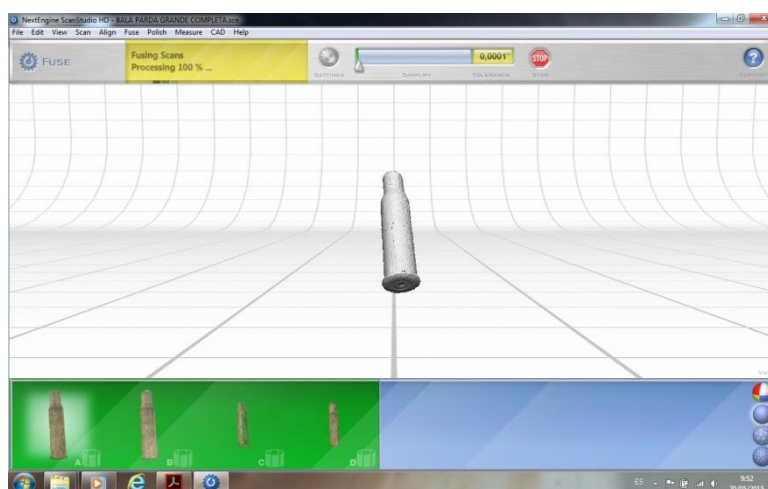
Una vez alineadas las diferentes familias, obtendremos otra familia más, que será la combinación de todas estas anteriores. Ya tendríamos esta familia única con todos los elementos externos innecesarios eliminados, habiendo dejado esta familia única completamente limpia y alineada en una sola combinación.

A partir de esta combinación exenta de elementos extraños y una vez alineadas las sucesivas familias, será con este modelo con el que continuaremos el trabajo, desarrollando la sucesivas tareas posteriores: fusión, relleno de huecos, suavizar y alisar partes del objeto, etc.



*Ilustración 134 – Objeto obtenido de la unión de las diversas familias.*

Una vez obtenidas las alineaciones pertinentes, pasamos a producir la fusión de estas alineaciones para conseguir un objeto mucho más completo y real, con el que proseguir nuestro trabajo.



*Ilustración 135 – Fusión de las diferentes familias*



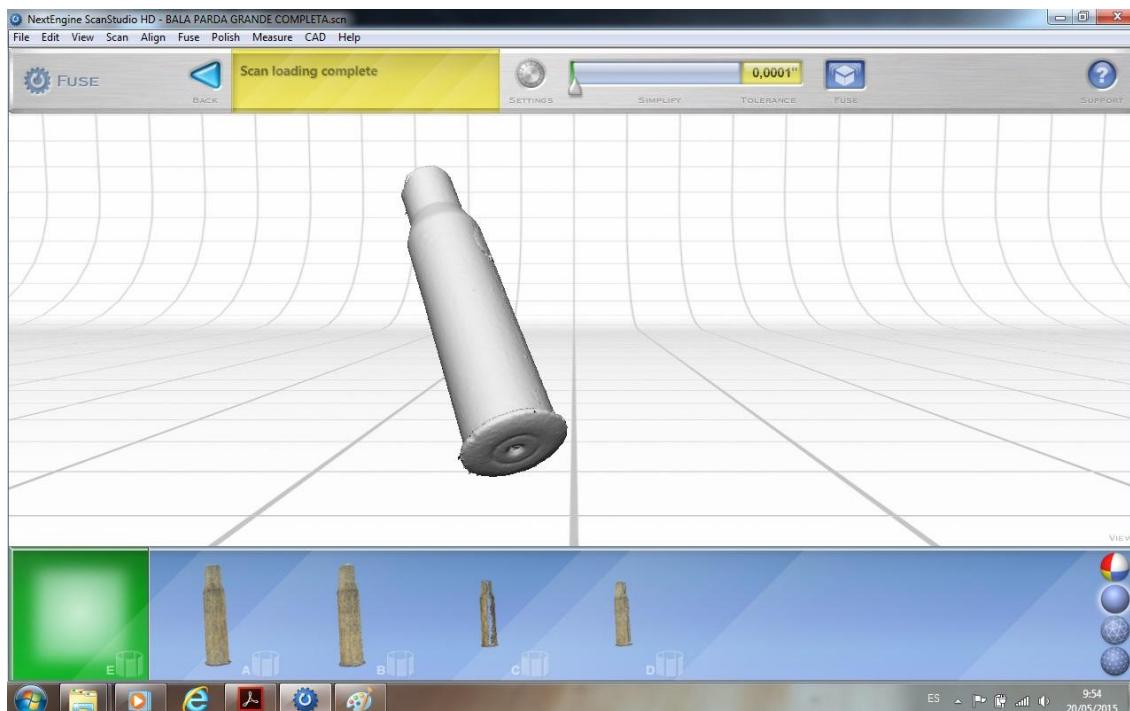


Ilustración 136 – Fusión realizada

Una vez fusionadas las diversas tomas, obtenemos un único objeto con una apariencia más auténtica y próxima a la realidad.

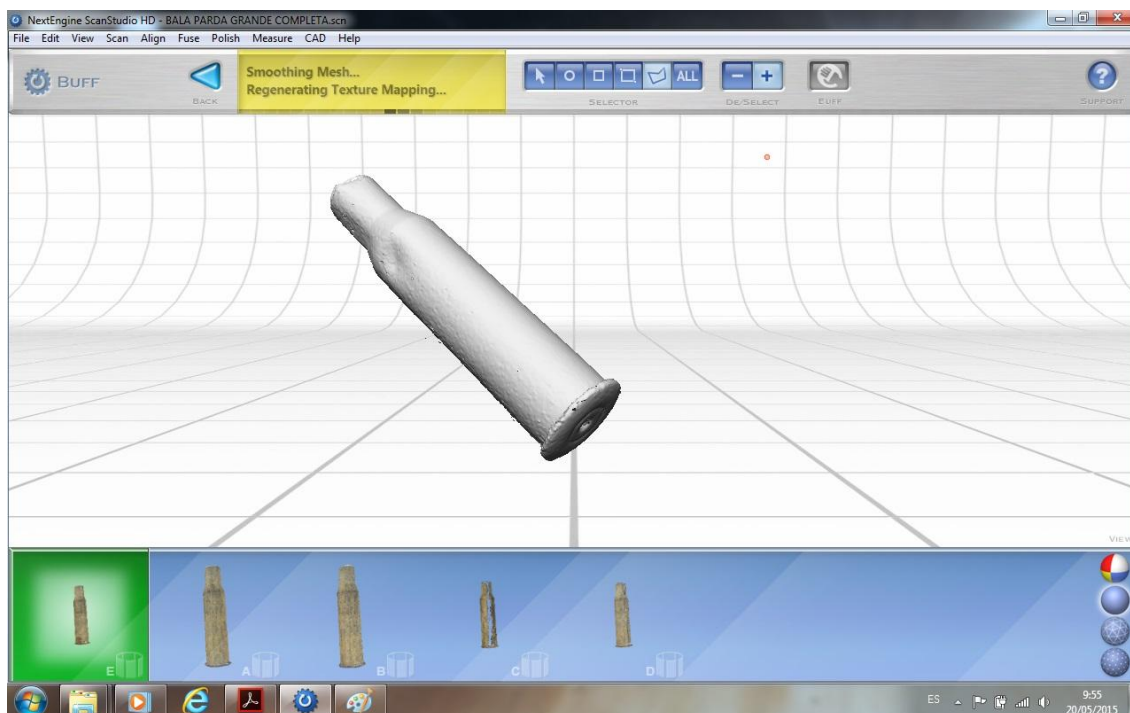


Ilustración 137 – Objeto tras la fusión inicial

Deberemos realizar numerosas pruebas para ir comprobando que tipo de fusión proporciona mejor resultado dependiendo de los valores que le imprimamos a cada parámetro que entra en acción a la hora de obtener los resultados finales.

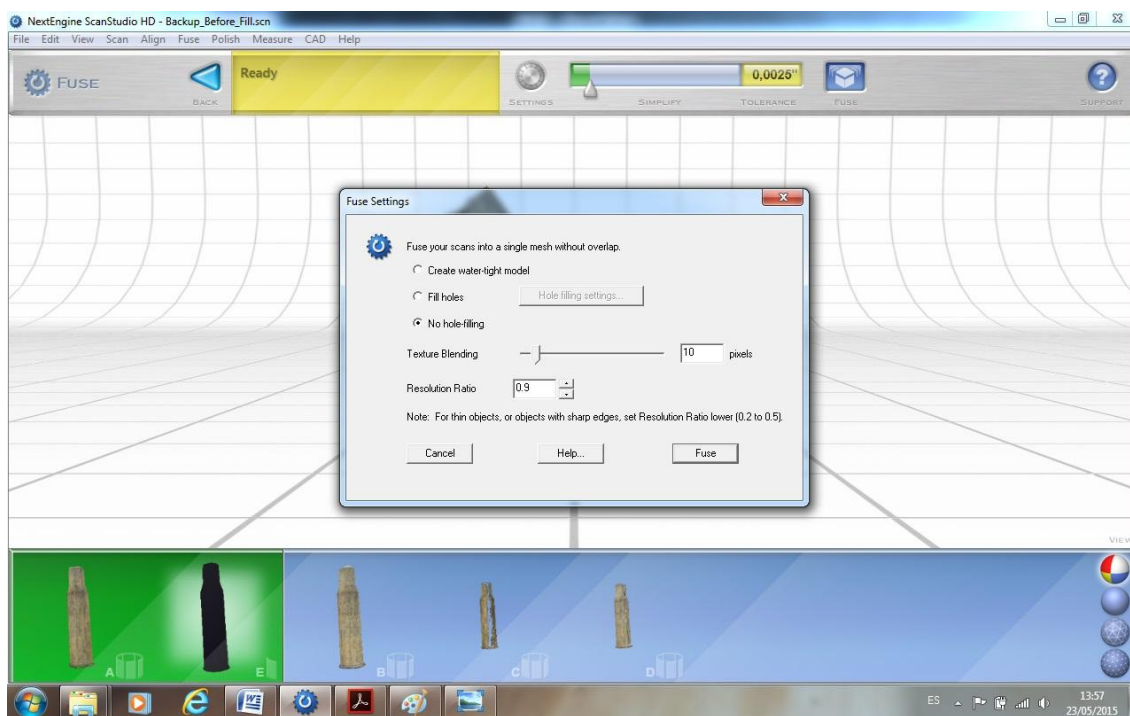


Ilustración 138 – Parámetros de la fusión.

Al utilizar la herramienta FUSE conseguiremos unificar las mallas de los escaneados alineados y eliminar las zonas superpuestas creando así un mallado único y continuo. Podremos posteriormente retocar o modificar ciertas partes con otras herramientas como son: FILL para rellenar y cerrar los agujeros de las mallas creando un modelo hermético, BUFF que sirve para pulir y reducir el ruido localizado de la malla que quizás aparezca en la superficie en forma de rugosidades donde el modelo debería ser liso, o SIMPLIFY para simplificar la malla, siendo usado en zonas lisas sin rasgos distintivos para rebajar el número de triángulos y por lo tanto, el tamaño del archivo con ello.

Podemos retocar la tolerancia de fusión, el tamaño de circunferencia máximo de los agujeros a rellenar, la mezcla de texturas para explicar las variaciones de brillo o el promedio de vértice de longitud en relación a la corriente.

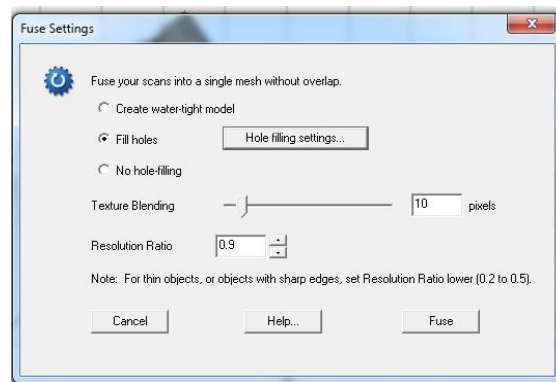


Ilustración 139 – Parámetros de la fase de fusión

Los parámetros utilizados han sido los siguientes:

- Tolerancia = 0.0001``
- Hole Filling = 1 inches
- Texture Blending = 30
- Resolution Ratio = 0.9

A ellos se llegó de forma experimental, probando cómo cada uno de ellos influían en el resultado final.

A continuación se trabajó con las herramientas BUFF o FILL para rellenar huecos que aparecieran para suavizar la morfología del objeto de estudio para conseguir una pieza más lisa, con menos bordes bruscos y una forma más perfecta.

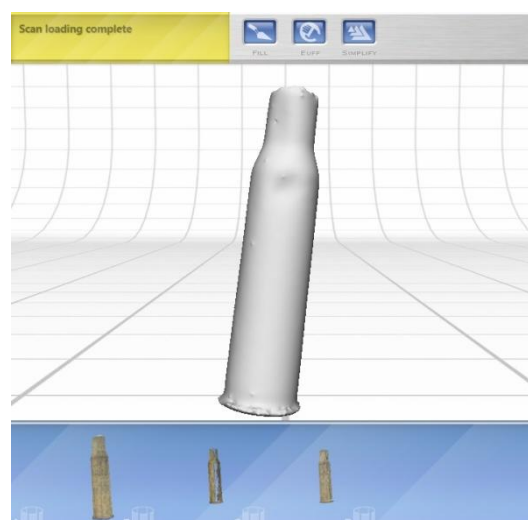


Ilustración 140 – Resultado de las fusiones.

El relleno de huecos que puede realizar de varias formas, pero el más directo es yendo a la pestaña POLISH. Una vez hayamos accedido a esta pestaña, aparecerán otras tres más. Bien, una de ellas es la pestaña FILL.

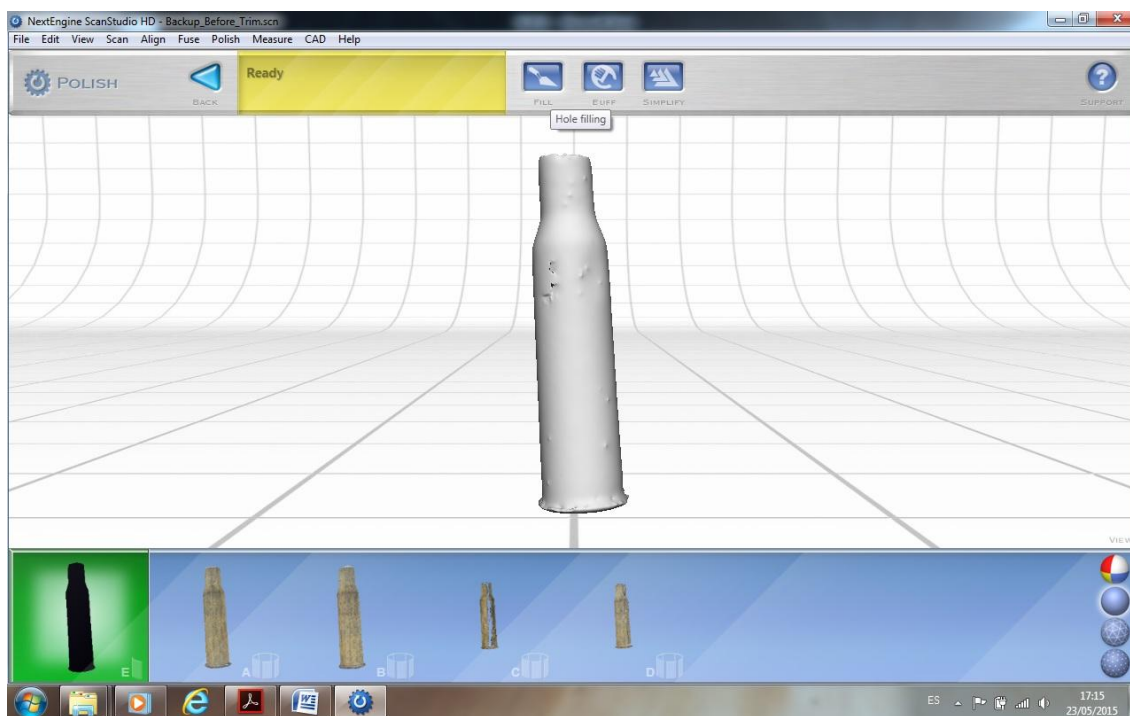


Ilustración 141 – Pestaña FILL

Al seleccionar esta pestaña FILL, aparecen dentro varias pestañas más y por tanto varias funciones más. Básicamente los apartados que aparecen son formas para poder seleccionar las diversas partes a las que queramos añadir material para rellenar los huecos que pueda haber.

En primer lugar se localizan los lugares donde haya huecos, que generalmente vienen ya previamente marcados con un contorno azul que indica claramente donde están estos agujeros y facilitándonos de esta forma la localización de los mismos.

Una vez localizados los huecos, pasaremos a seleccionarlos mediante la herramienta círculo o cuadrado, según lo que nos interese en cada momento.

Con estos instrumentos pinchamos directamente sobre los huecos a tapar y rápidamente se cambiarán de color azul a naranja, lo que quiere decir que los ha detectado, simplemente deberíamos pinchar en la pestaña FILL y se rellenan.



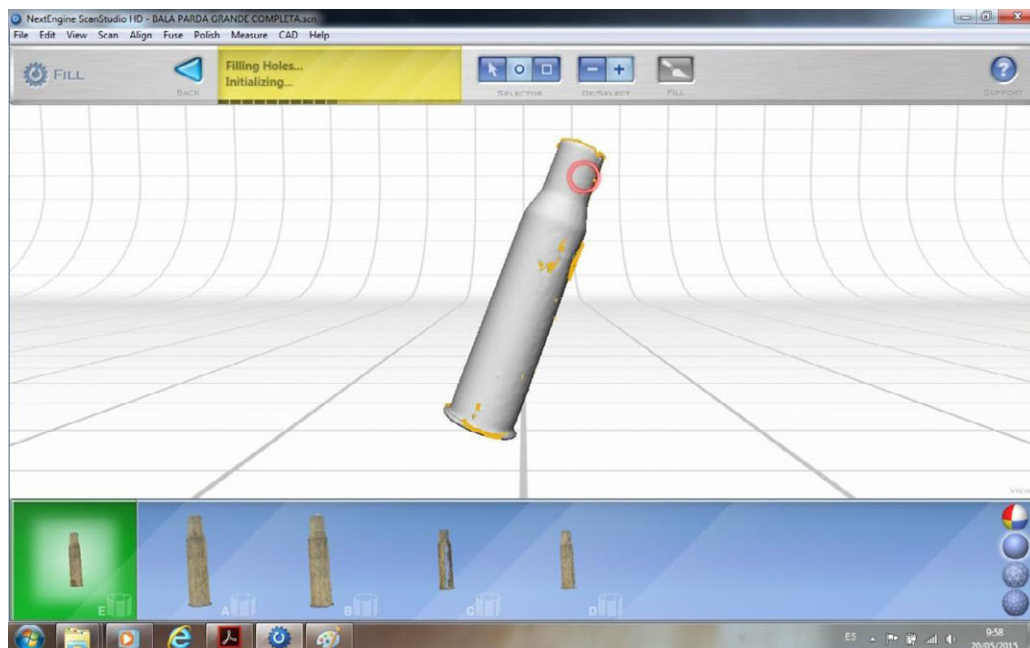


Ilustración 142 – Huecos detectados

Si todo ha funcionado tal y como esperabamos, se habrán cerrado los huecos. Si por contra no ocurre así, entonces habría que actuar con otras herramientas, ya sea repitiendo el proceso de fusión con otros parámetros, utilizando la pestaña para suavizar la superficie BUFF, con la herramienta REMESH etc.

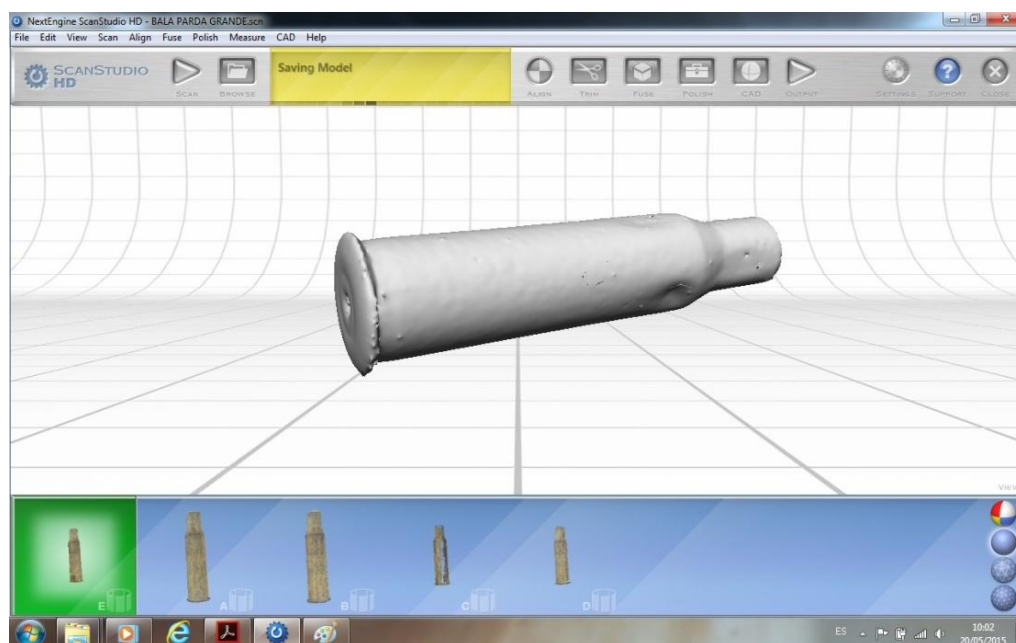


Ilustración 143 – Huecos rellenados

En el siguiente proceso entra en juego la herramienta BUFF. Esta es una herramienta muy útil, ya que es fácil de usar, es rápida y aporta unas enormes prestaciones. En esta herramienta podemos determinar varios parámetros como son la cantidad de alisado que se quiere conseguir, la desviación de la tolerancia y la capacidad de obtener bordes lisos o mantenerlos bruscos.

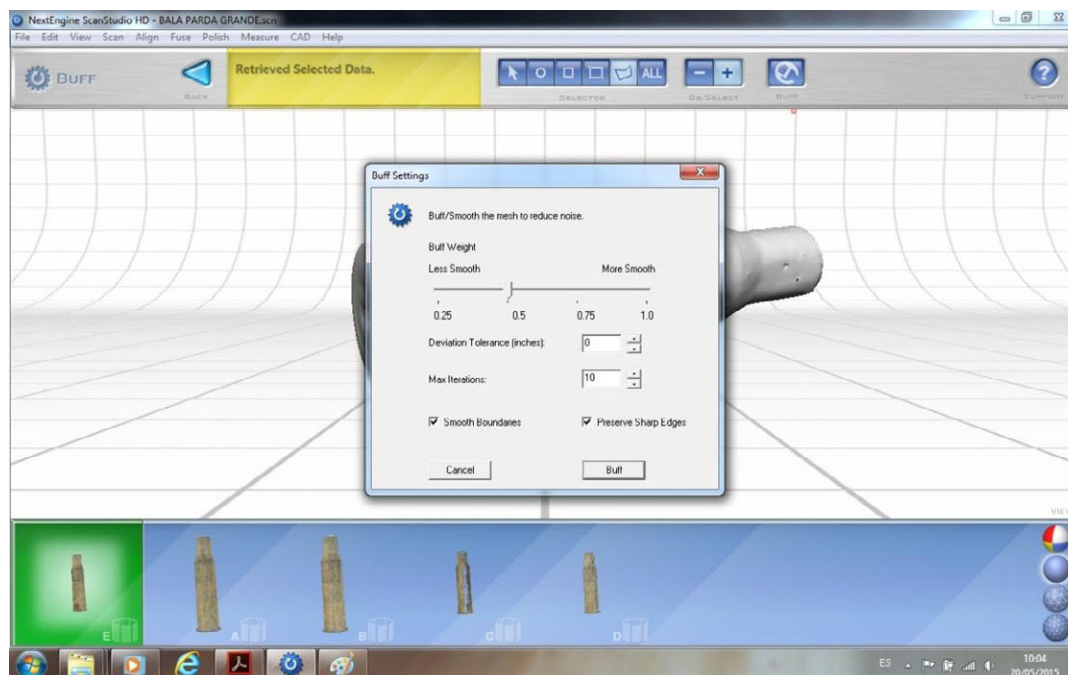


Ilustración 144 – Herramienta BUFF

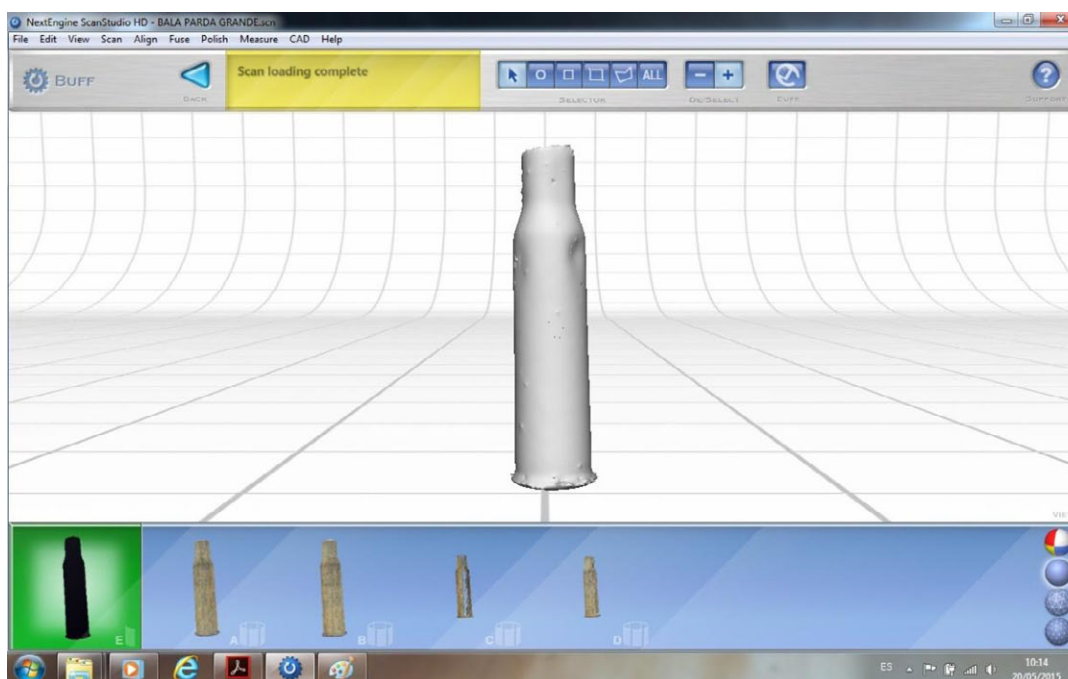


Ilustración 145 – Mejora tras el uso de la herramienta BUFF

Si aún así, no hemos conseguido la calidad adecuada para el objeto con el uso de estas herramientas, podemos utilizar otras semejantes pinchando en la pestaña POLISH de la barra de herramientas.



Ilustración 146 – Pestaña POLISH

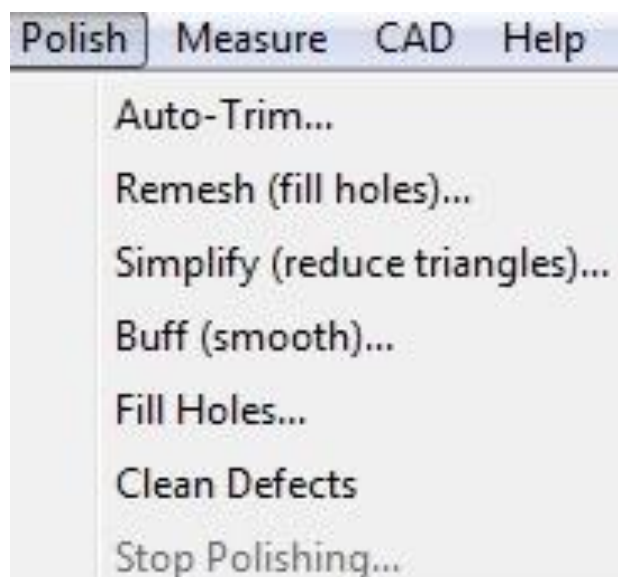


Ilustración 147 – Posibilidades dentro de la pestaña POLISH

En esta pestaña podemos encontrar opciones para rellenar huecos de nuevo, volver a suavizar, limpiar defectos, etc.

Con ello podremos probar varias formas diferentes de llevar a cabo un mismo proceso, habrá que experimentar para tener claro que herramienta es la más recomendada o cual de ellas podrá proporcionar un resultado óptimo.

A continuación se muestran las diferentes interfaces que surgen con cada una de estas herramientas.

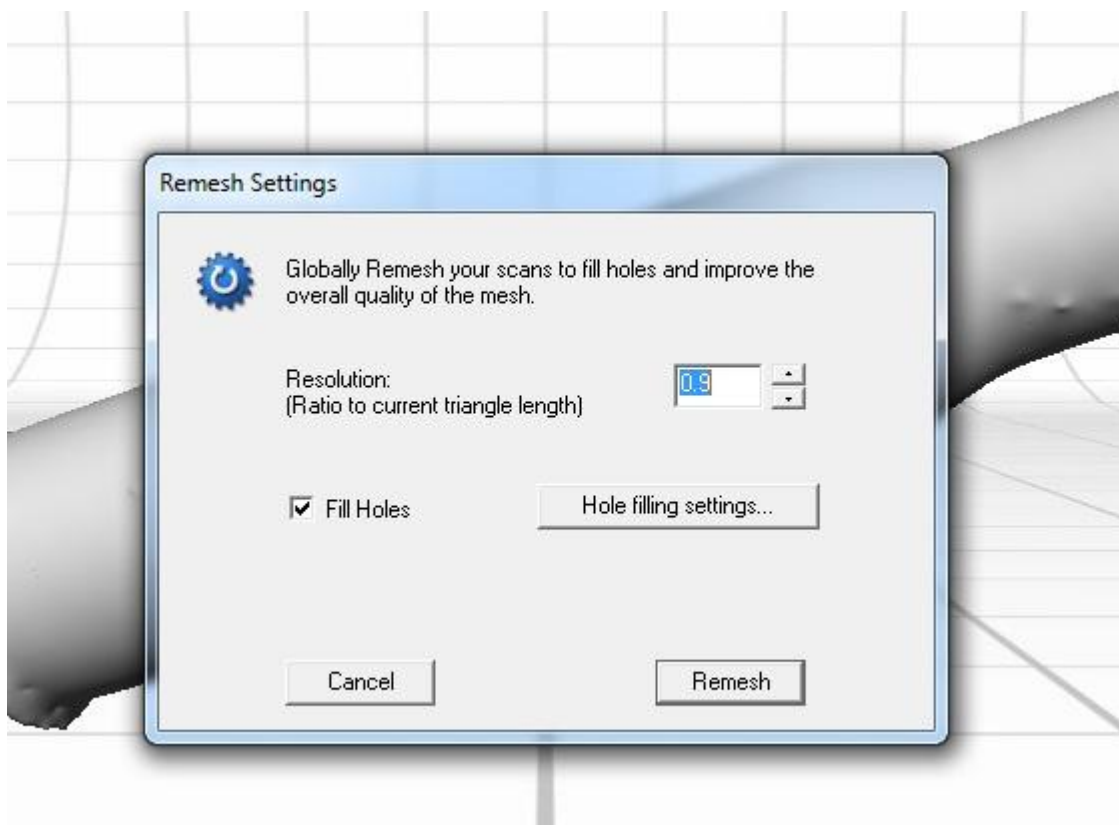


Ilustración 148 – Al seleccionar REMESH en la pestaña POLISH

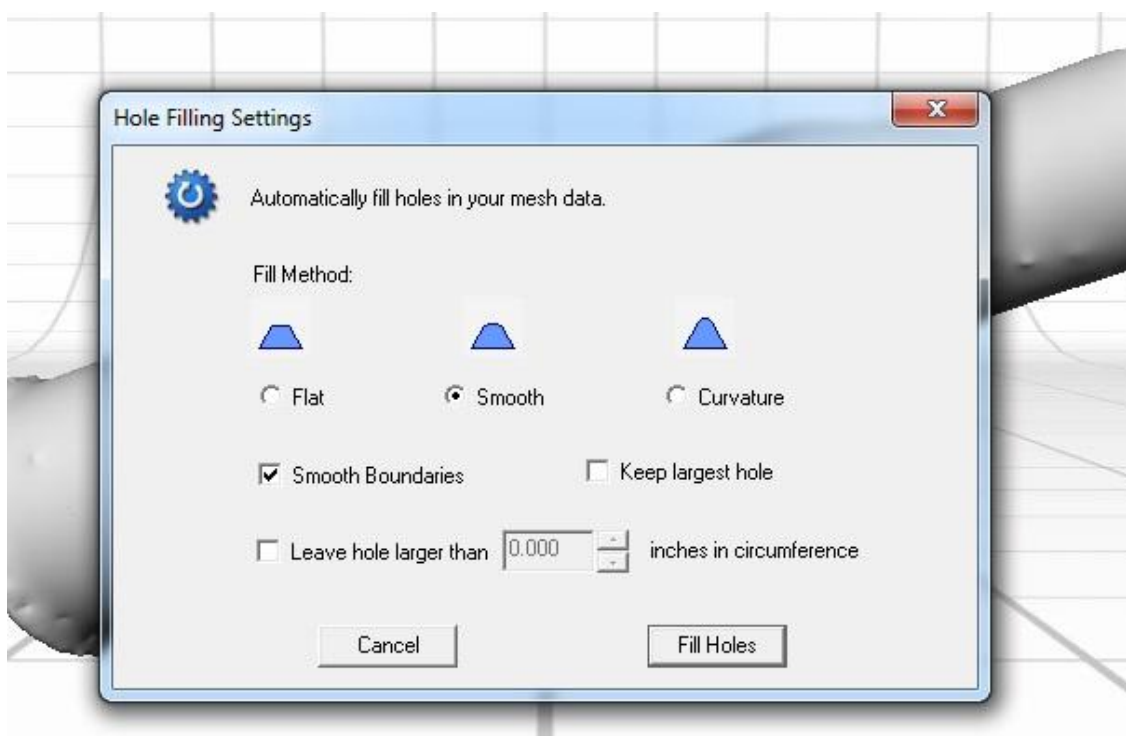


Ilustración 149 – Al seleccionar FILL HOLES en la pestaña POLISH



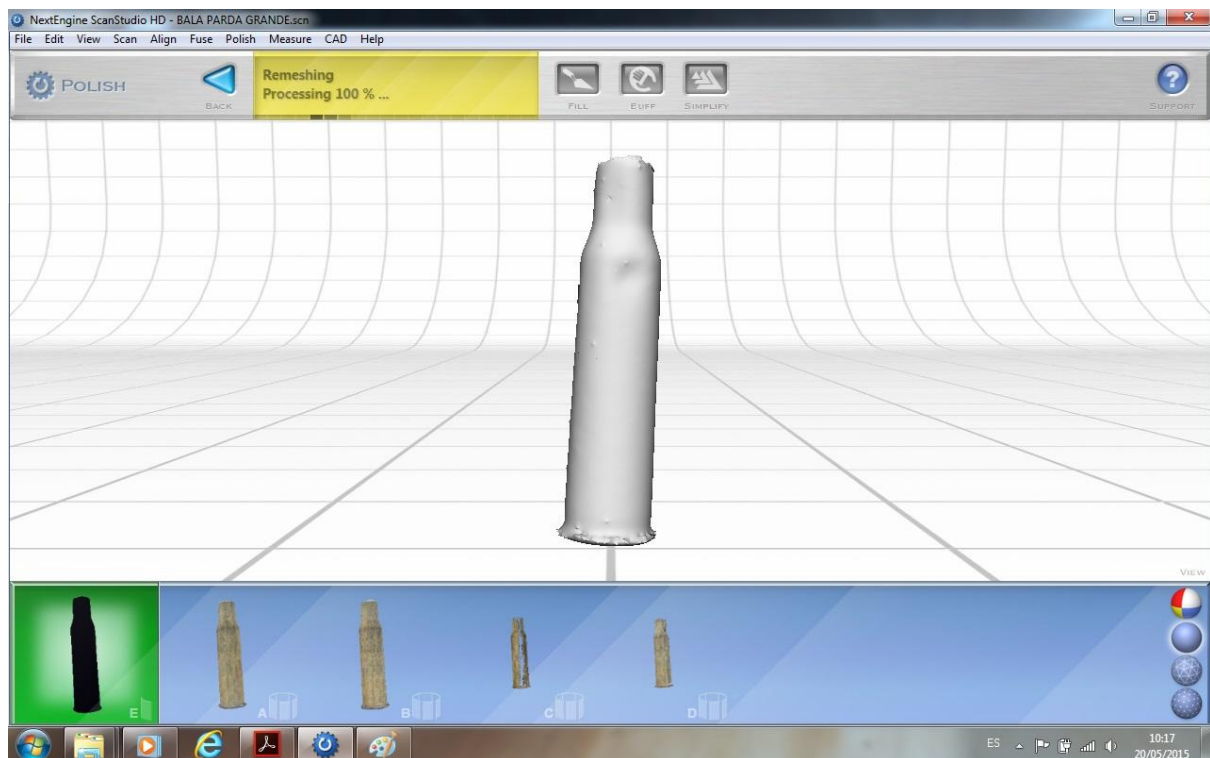


Ilustración 150 – Menú de la herramienta REMESH

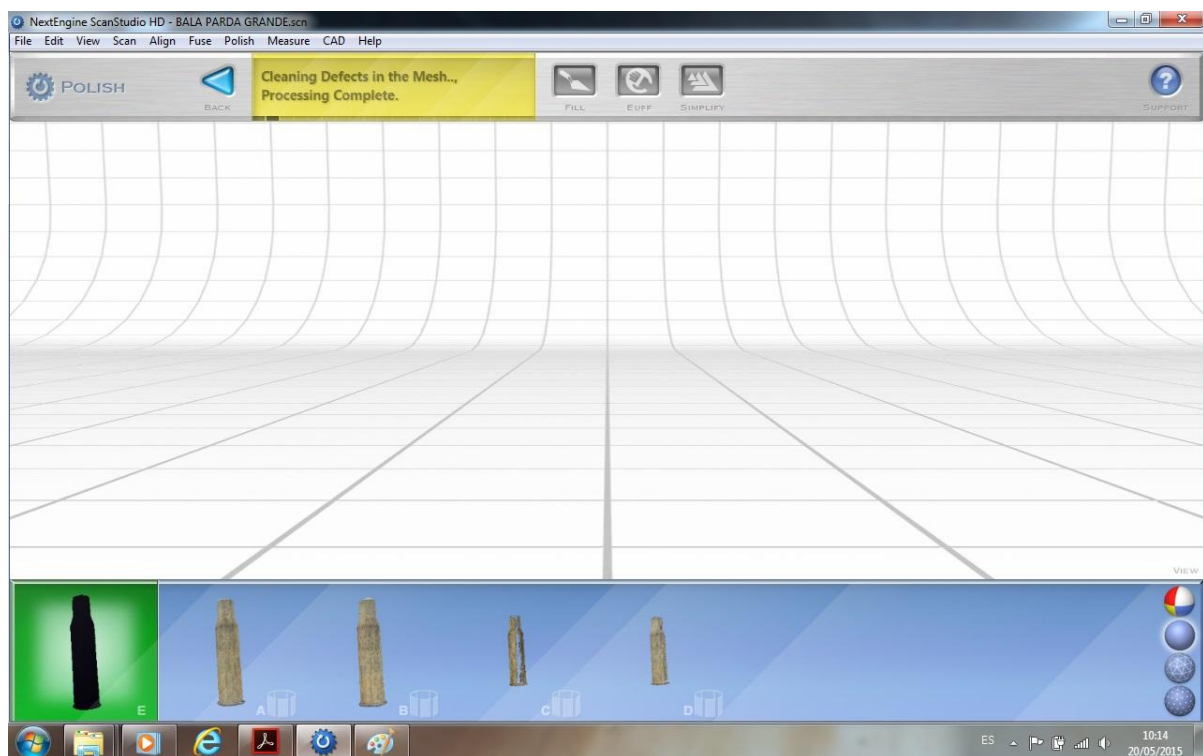


Ilustración 151 – Menú de la herramienta CLEAN DEFECTS

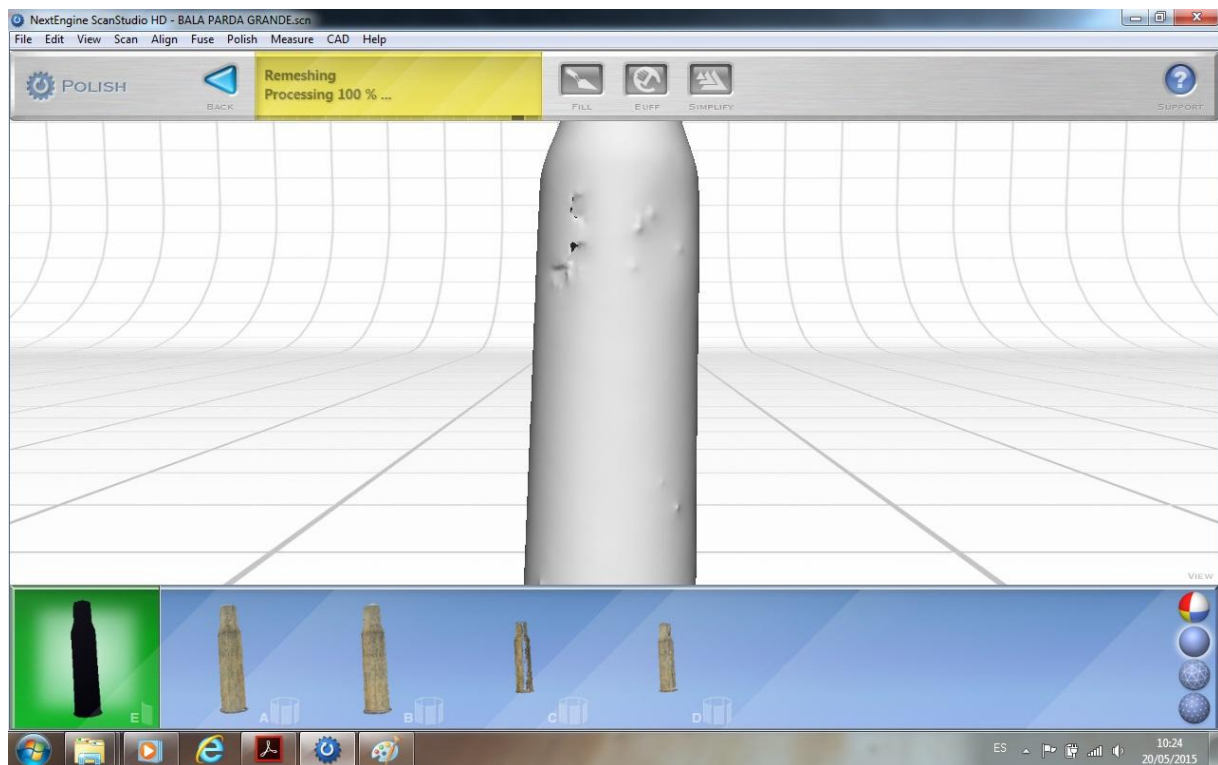


Ilustración 152 – Uso de REMESH para huecos

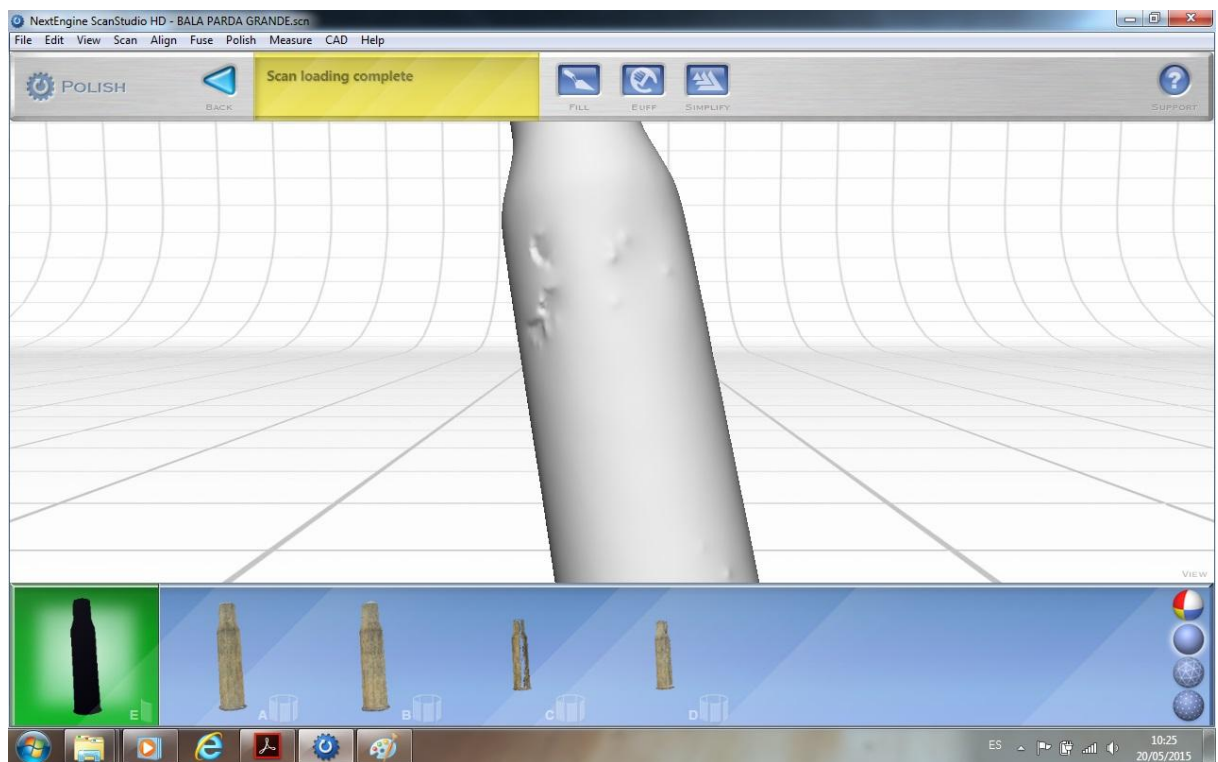


Ilustración 153 – Cierre de los huecos con la herramienta REMESH

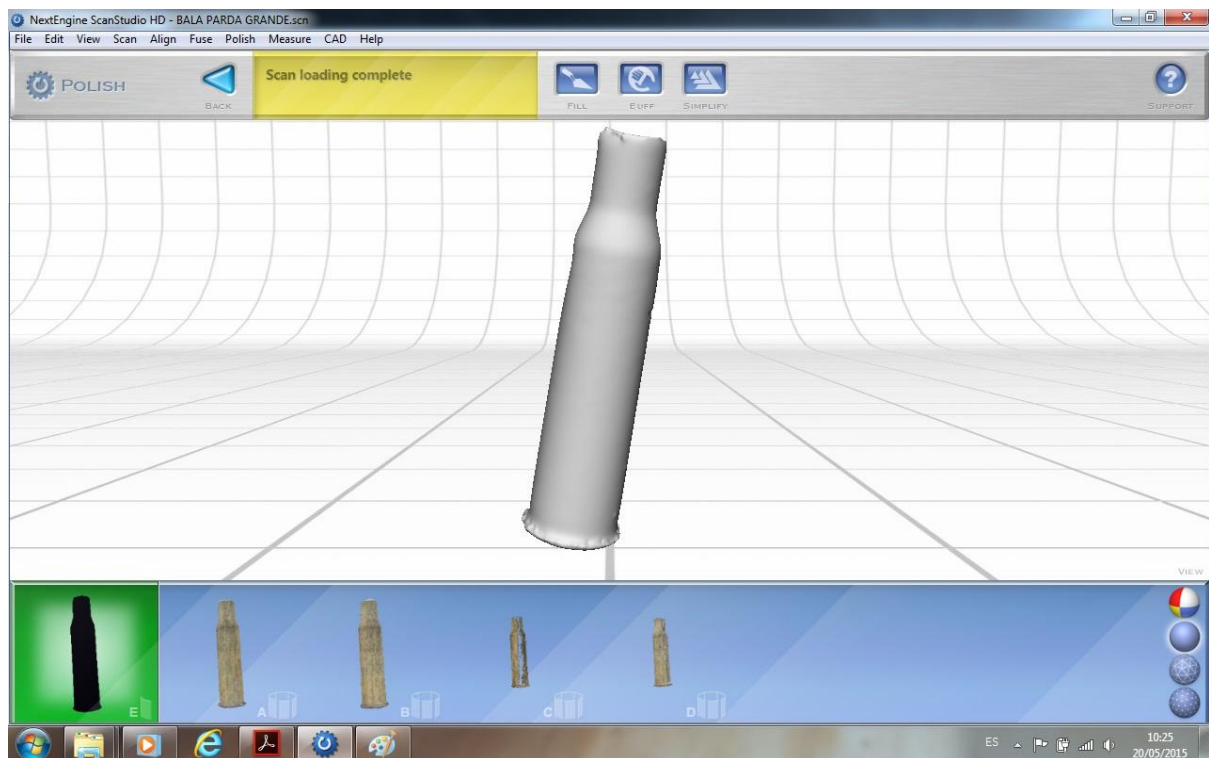


Ilustración 154 - Producto final sobre fondo blanco

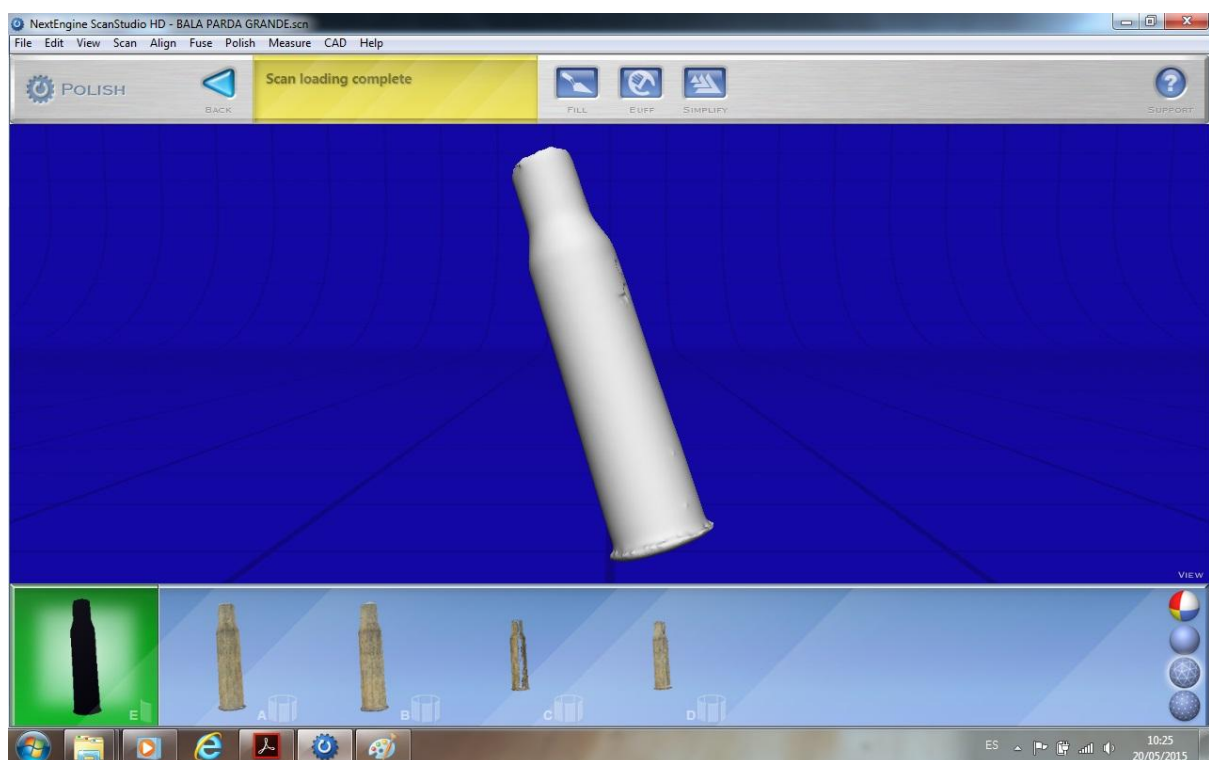


Ilustración 155 - Producto final sobre fondo azul

A continuación mostraremos varias posibilidades dentro de la pestaña CAD:

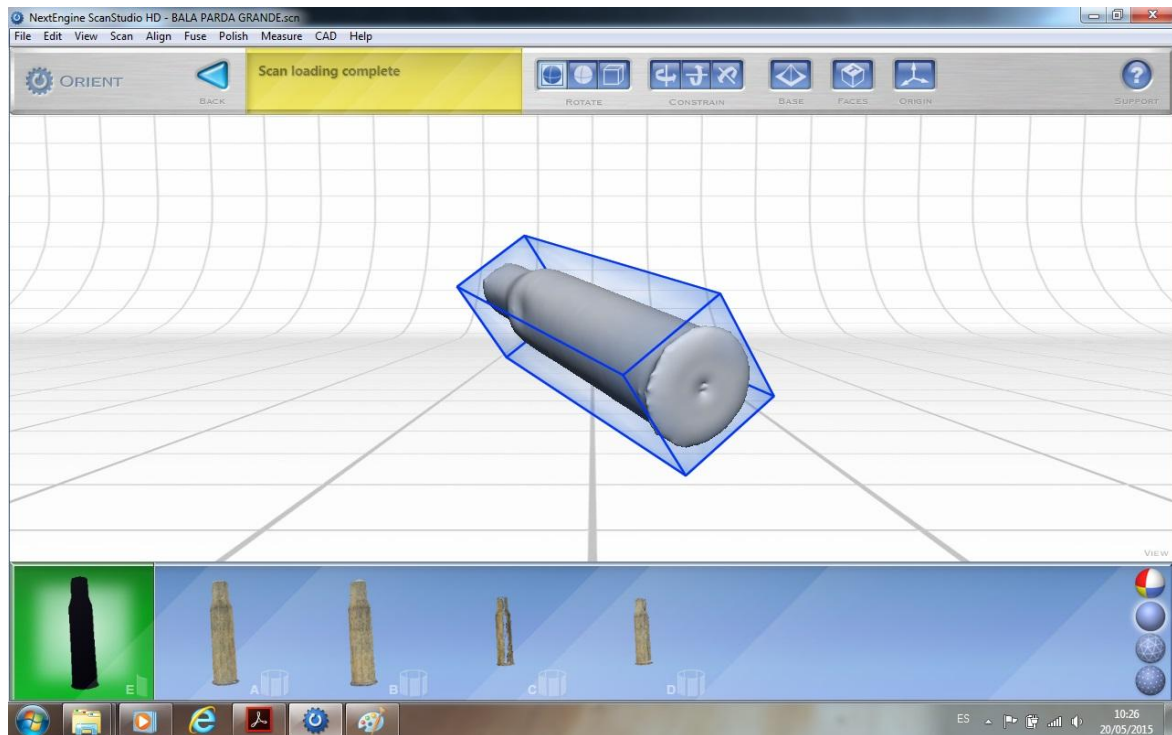


Ilustración 156 – Pestaña ROTATE 1

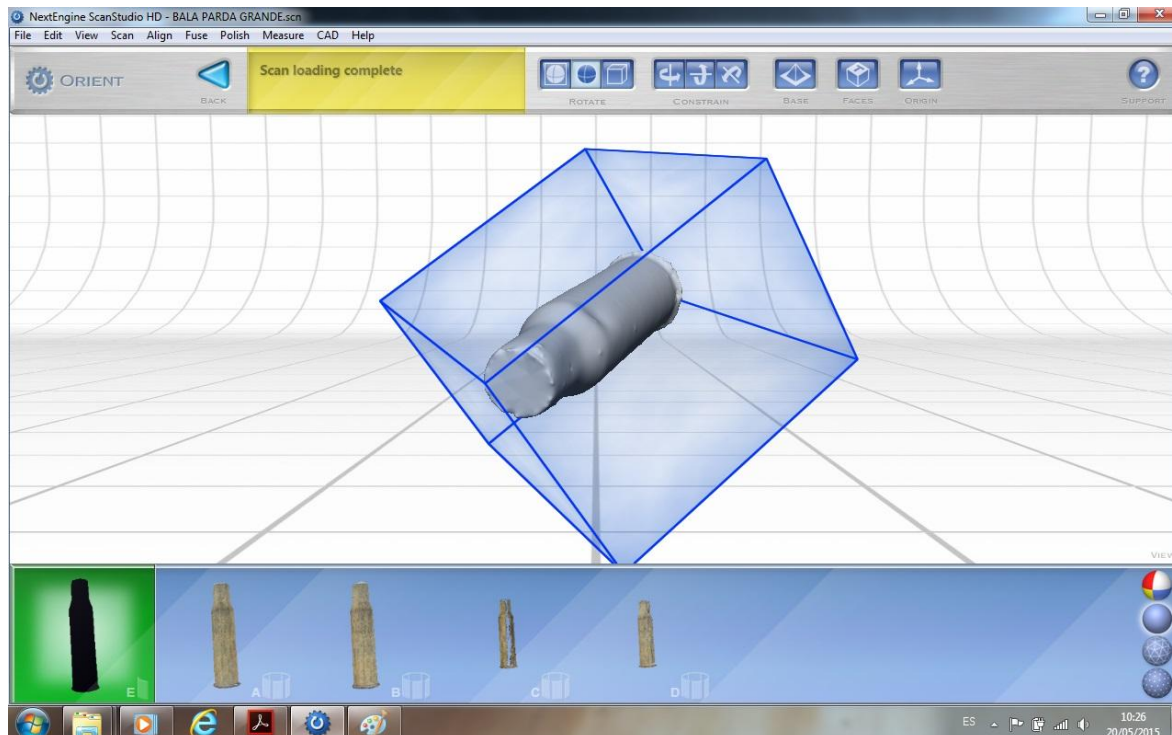


Ilustración 157 – Pestaña ROTATE 2



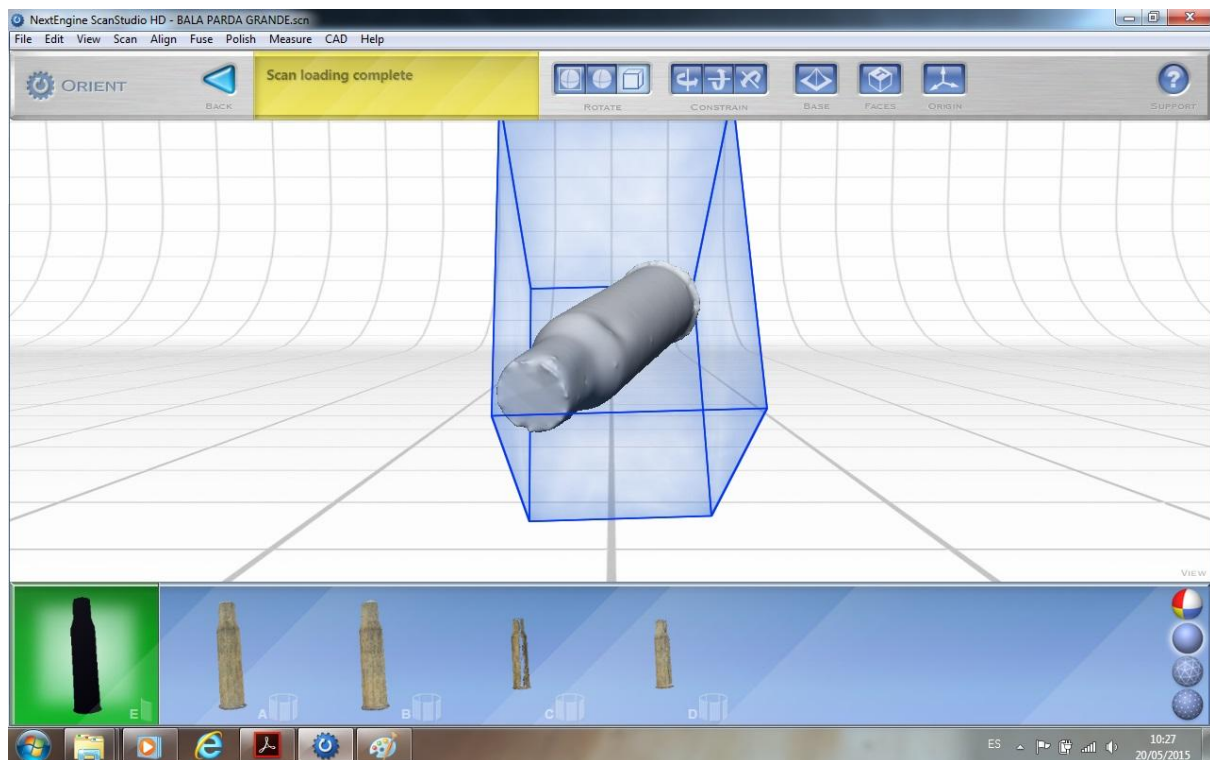


Ilustración 158 - Pestaña ROTATE 3

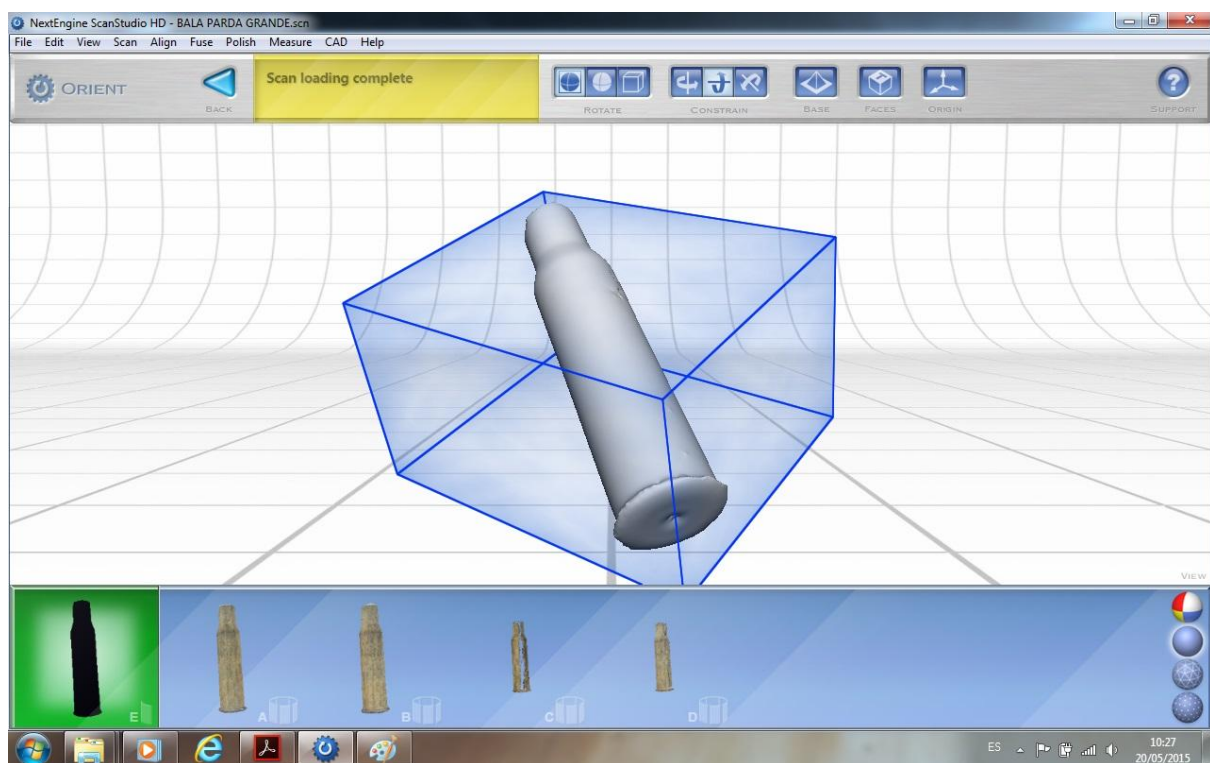


Ilustración 159 - Pestaña CONSTRAIN 2



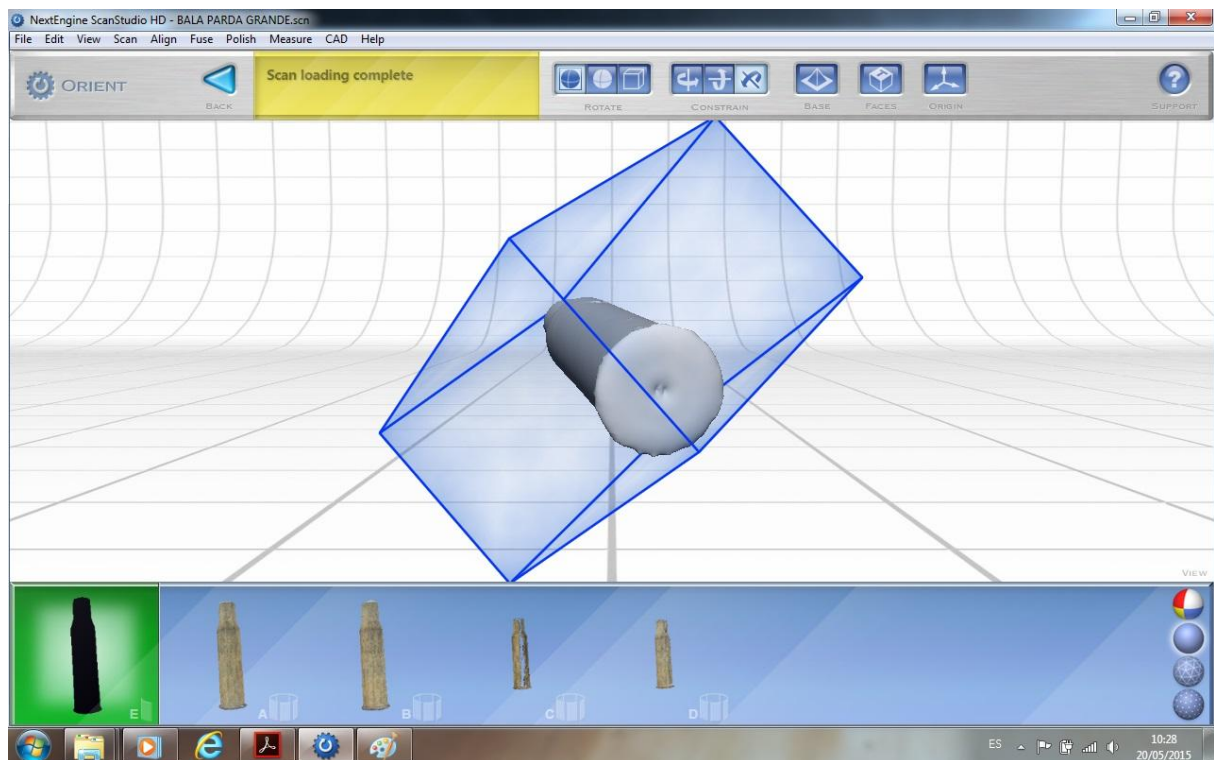


Ilustración 160 – Pestaña CONSTRAIN 3

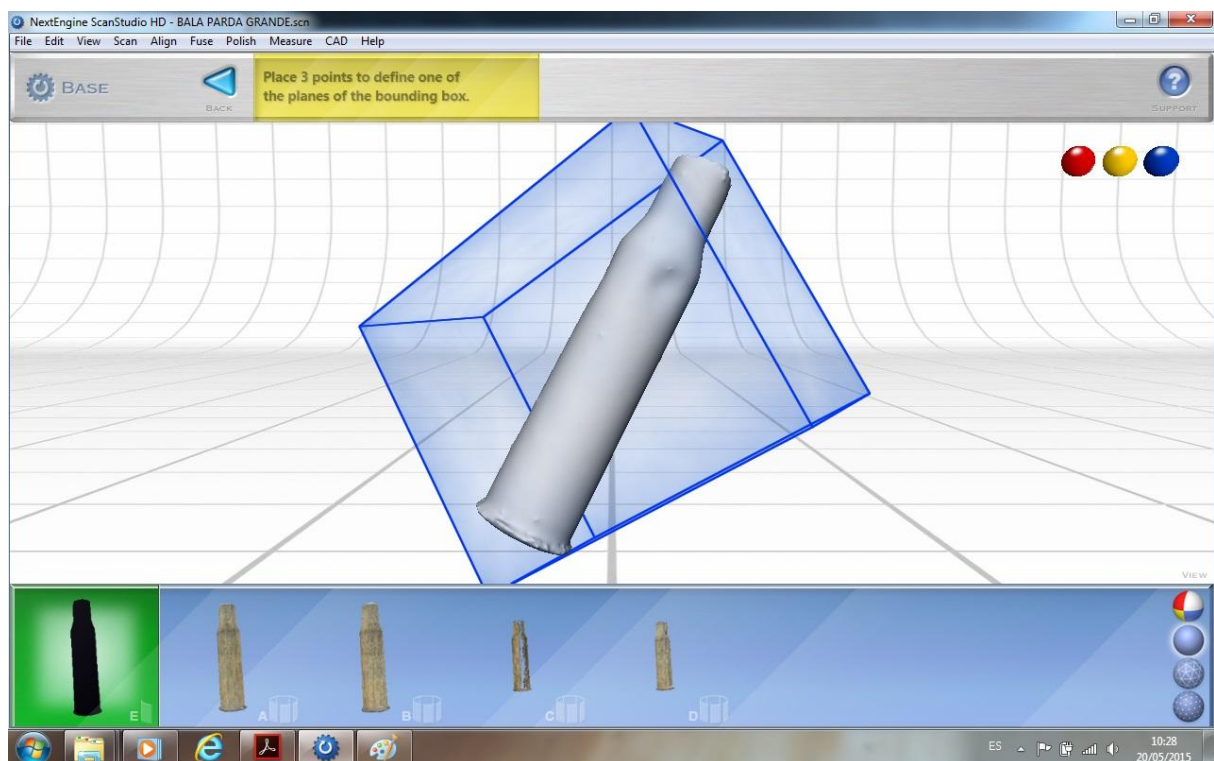


Ilustración 161 – Pestaña BASE

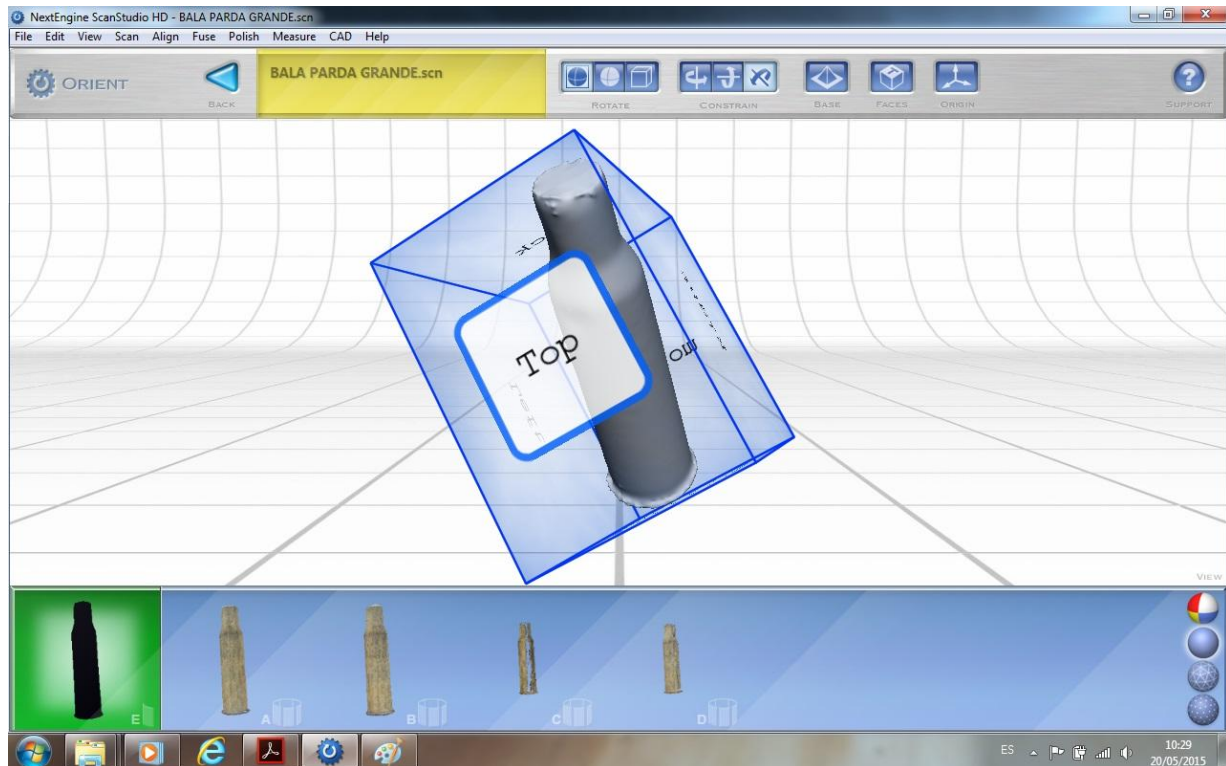


Ilustración 162 – Pestaña FACES

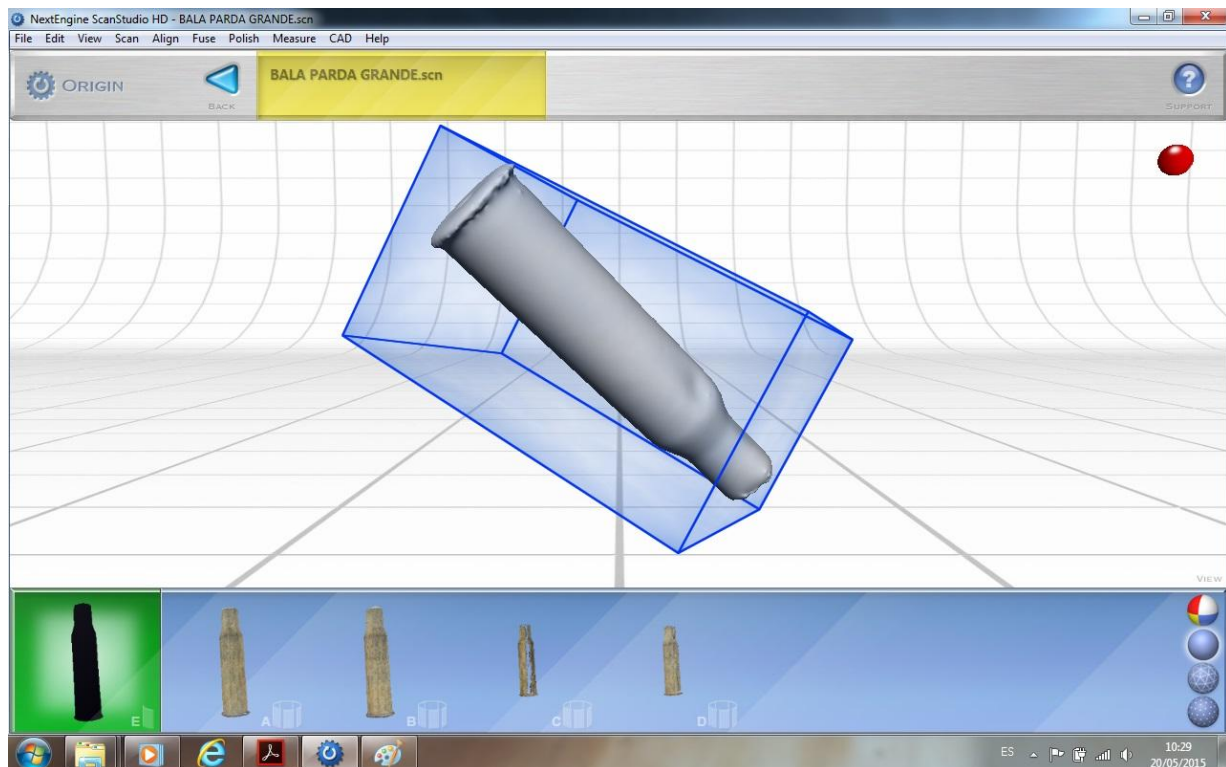


Ilustración 163 – Pestaña ORIGIN

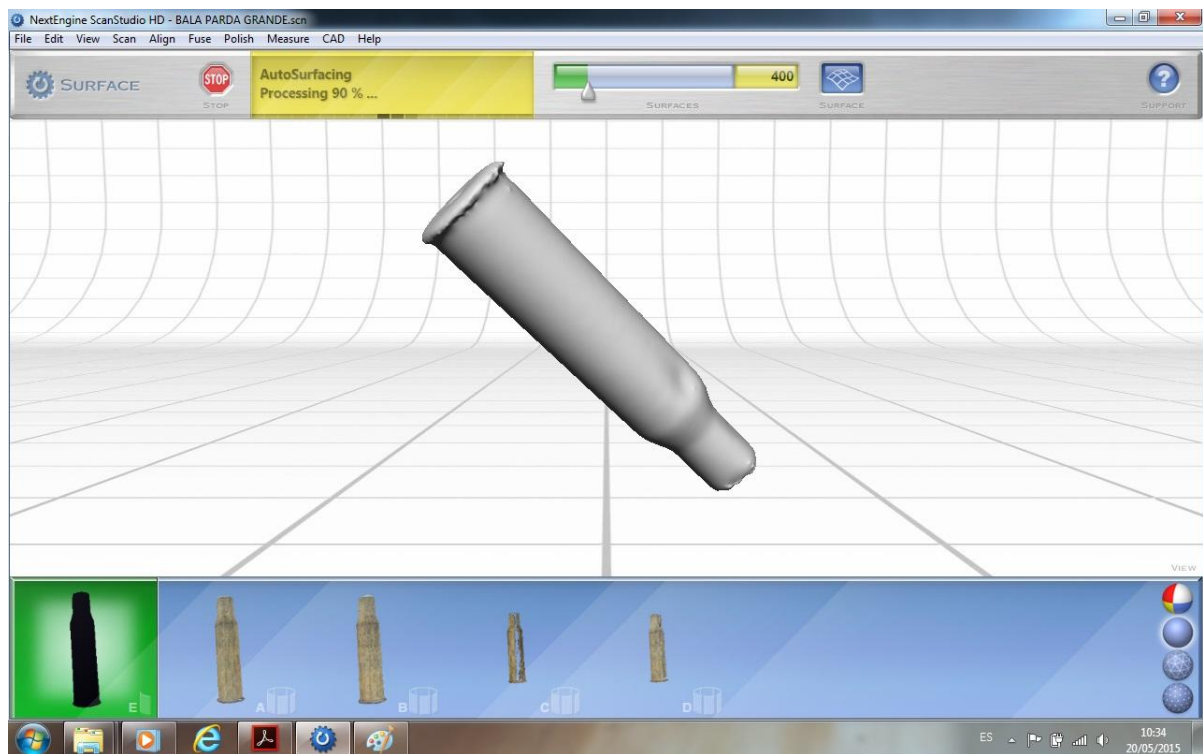


Ilustración 164 – Pestaña SURFACE

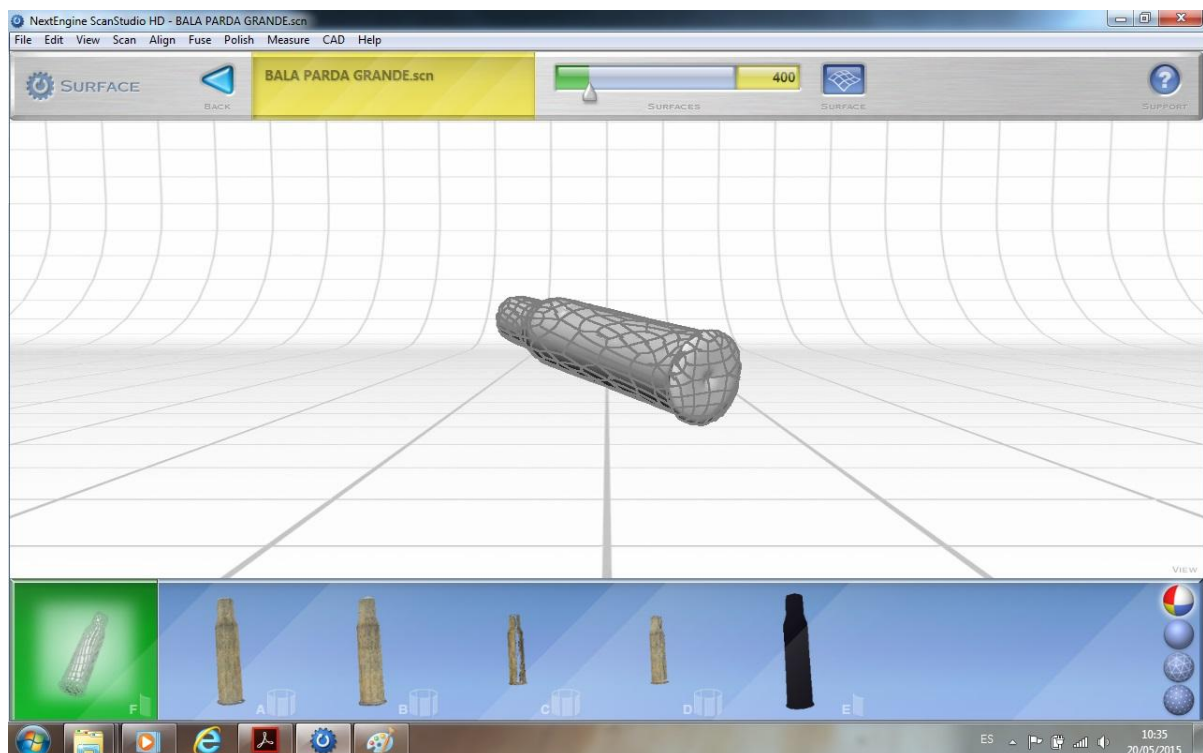


Ilustración 165 – Red SURFACE



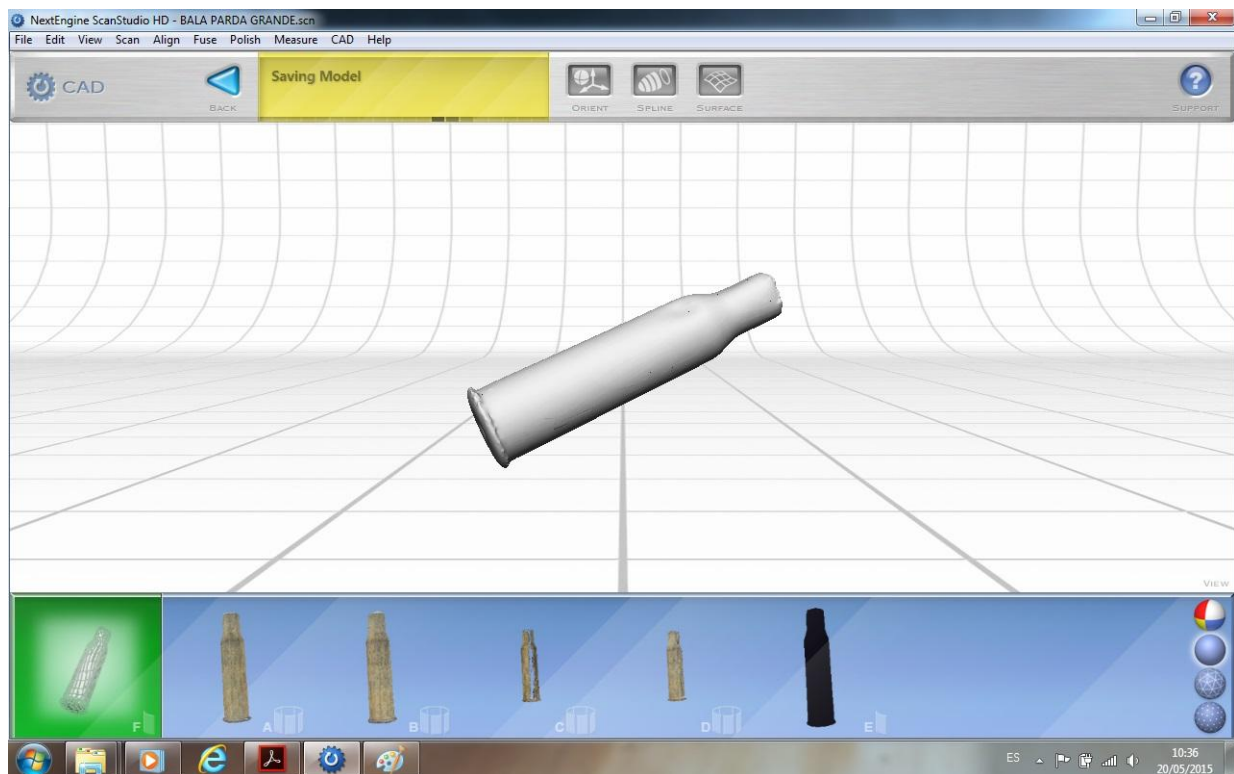


Ilustración 166 – Modelo final

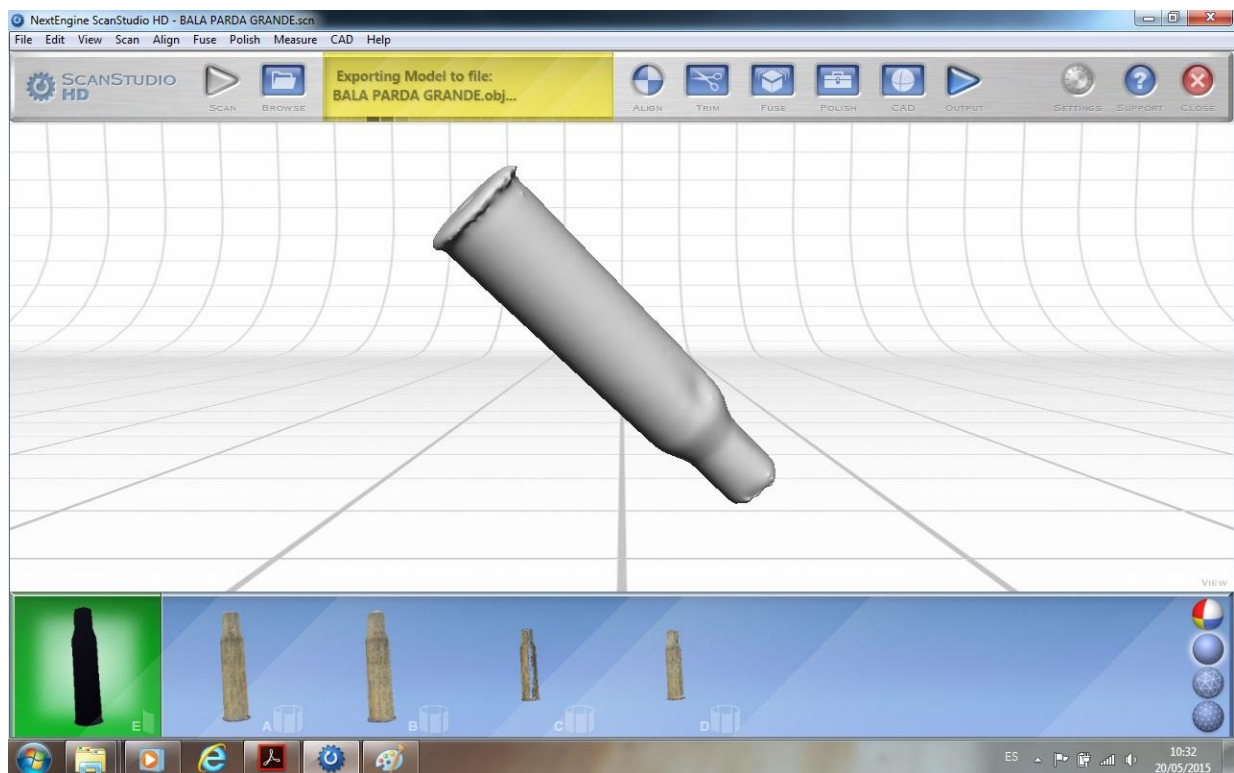


Ilustración 167 – Exportando el modelo final de la Vaina de Bala Parda Grande.OBJ



## 7.2. ESCÁNER LÁSER EN VAINA DE BALA OXIDADA

### 7.2.1. Comprobaciones iniciales

A continuación se mencionarán escuetamente los patrones a seguir para poder realizar esta parte del proceso para evitar con ello la repetición innecesaria de contenido, ya que este proceso deberá ser idéntico en todas y cada una de las exploraciones a realizar en las Vainas de Bala.

Comenzamos con el montaje del equipo escáner láser siguiendo las pautas adecuadas para su correcto funcionamiento. Una vez montado el equipo escáner láser y conectado al ordenador mediante el cable USB, habrá de comprobarse el correcto funcionamiento.

Conectado todo ello deberá comprobarse que el equipo escáner láser actúa perfectamente de acuerdo con lo que se le ordene directamente desde el software ScanStudio HD.

### 7.2.2. Inicio del proceso

Una vez comprobado el correcto funcionamiento tanto del equipo escáner láser como del software (ScanStudio HD) necesarios para el desarrollo del trabajo, habiendo montado el equipo escáner láser y utilizando los componentes más correctos para el tipo de objeto con el que estemos realizando el proceso, proseguimos con el proyecto en sí, iniciando los ajustes para la realización de las tomas necesarias.

Como en el caso de la vaina de bala anterior trabajaremos con objetos de pequeñas dimensiones y por ello tendremos que montar en la plataforma de giro, la barras metálicas y sobre ellas situaremos las plataformas circulares pequeñas como base para apoyar las vainas de bala y por la parte superior las mantendremos sujetas con los dedales de caucho para evitar tapar en demasía las zonas de las vainas de bala a las que extraer información.

Por ello, una vez montadas sobre las barras metálicas, la plataforma circular pequeña y en su parte superior el dedal de caucho, situaremos la vaina de bala en posición vertical lo más centrada posible sobre la plataforma circular e introducimos el dedal de caucho dentro de la boca de la vaina de bala para obtener el mejor ajuste posible y evitar cualquier el movimiento.

Con ello aseguraremos una posición correcta y un asiento fijo que permitirá asegurar completamente que no se producirán movimientos del objeto mientras se está realizando el proceso de toma.

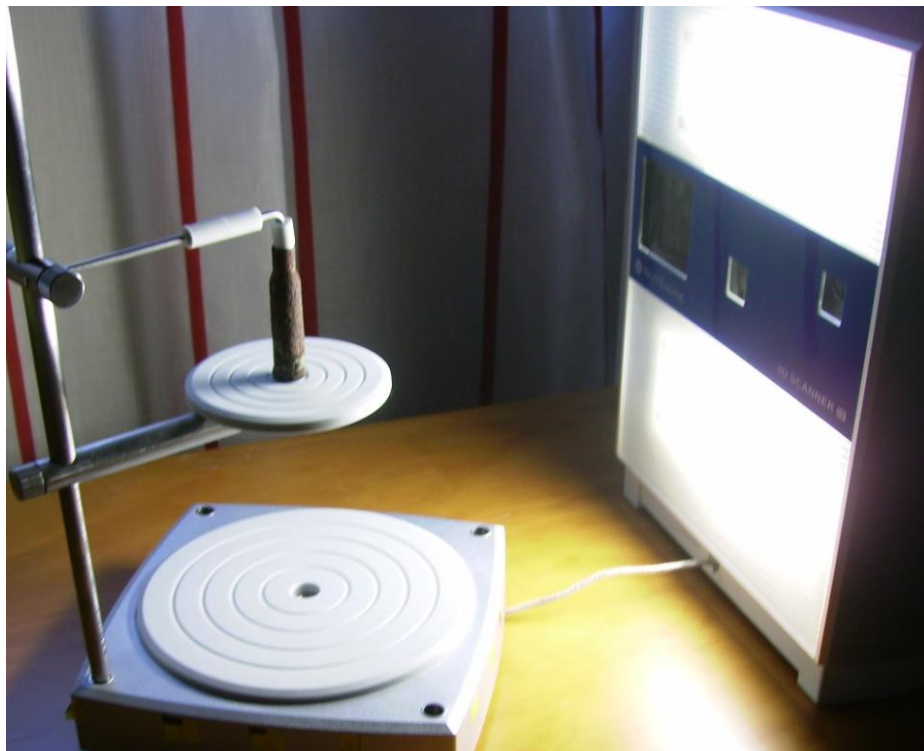


Ilustración 168 – Vaina de Bala Oxidada

### 7.2.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Oxidada

Tras haber montado todo el equipo y sus componentes, comprobado el correcto funcionamiento, la correcta sincronización entre el software y el equipo y habiendo situado correctamente la Vaina de Bala Oxidada en la plataforma circular pequeña y el dedal de caucho, pasamos a realizar los ajustes necesarios para el inicio del proceso de toma.

Una vez montada la Vaina de Bala Oxidada sobre la plataforma circular pequeña y el dedal de caucho, tendremos que comprobar que la plataforma giratoria y por tanto que la vaina de bala se encuentran a la distancia necesaria para realizar unas correctas tomas de vistas.

También deberemos constatar que al rotar dicha plataforma giratoria, la vaina de bala se mantendrá siempre y en todo momento dentro del campo de visión del equipo escáner láser.

Podremos hacer un seguimiento del desarrollo de las tomas de vistas, de los giros que se van produciendo por el movimiento de la plataforma rotatoria mediante diversas fotografías, que irán demostrando los giros que vamos haciendo con nuestra vaina de bala hasta completar una vuelta completa o 360°.

Con todo este proceso obtendremos, la representación en 3D de toda la morfología completa de la Vaina de Bala Oxidada para poder realizar un modelo digital de esta pieza arqueológica.

#### 7.2.4. Exploración de la Vaina de Bala Oxidada en 360°

Tras haber realizado las exploraciones en 360° de toda la morfología de la pieza y observado la correcta visualización del objeto durante toda la vuelta completa dentro del campo de visión de nuestro equipo escáner láser, pasaremos a establecer la configuración pertinente para comenzar con las tomas propiamente dichas.



Ilustración 169 – Pruebas de configuración Vaina de Bala Oxidada

#### 8.2.5. Configuración de la toma de datos

A continuación, pasaremos a conformar la configuración necesaria para la primera obtención de tomas del objeto, que en este caso se trata de la Vaina de Bala Oxidada. Para ello, pasaremos a determinar los valores de los parámetros necesarios.

En primer lugar determinaremos que el escaneo de nuestro escáner láser se haga por toda la pieza de forma horizontal. Esto quiere decir, que se realizará el escaneo a 360º respecto de la pieza, con lo cual deberíamos obtener toda la posición vertical de la vaina de bala, en todas sus caras. En segundo lugar, indicaremos al programa que realice 8 tomas diferentes con las que son más que suficientes para obtener todas y cada una de las partes completas de nuestra vaina de bala, consiguiendo cierto solape entre todas ellas. En tercer lugar, podemos determinar la calidad que queremos para nuestro trabajo. En esta vaina determinaremos una calidad alta o HD. En cuarto lugar, marcaremos la pestaña NEUTRAL (color). En quinto lugar, marcaremos MACRO en cuanto al rango, ya que nuestro objeto, es un objeto de pequeño tamaño.

Una vez configurados y determinados todos estos parámetros, se indica en la parte inferior de la pantalla de configuración del tiempo que tardará el proceso de exploración y obtención del modelo digital de la vaina de bala, así como, de la cantidad de espacio que ocupará el fichero que se genere a partir de estas exploraciones.

Seleccionaremos el recorrido que habrá de llevar la bala en su movimiento. Daremos paso al proceso de la toma de la Vaina de Bala Oxidada, pudiendo obtener a partir de este momento el modelo digital necesario para desarrollar nuestro trabajo y por consiguiente, terminando con el proceso de configuración del programa ScanStudio HD.

Cerraremos este ciclo completamente, una vez pinchemos con el cursor de nuestro ratón en el triángulo verde de la zona superior de la pantalla para comenzar, con el escaneo del objeto de estudio.

#### 7.2.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Oxidada

Una vez terminado todo el escaneo correspondiente, en la posición vertical directa, deberíamos volver a realizar el mismo proceso pero en la posición opuesta, en posición vertical inversa para poder obtener el modelo digital desde otro punto de vista que nos pueda complementar el ya obtenido. Este proceso deberá repetirse todas las veces que sean necesarias para conseguir un modelo digital.

La toma fue en la posición opuesta a esta, en posición vertical inversa. Las dos siguientes posiciones serían en posición vertical directa e inversa también aunque ahí, en posición horizontal.





Ilustración 170 – Posición Horizontal Directa zona 1 Vaina de Bala Oxidada



Ilustración 171 – Posición Horizontal Directa zona 2 Vaina de Bala Oxidada

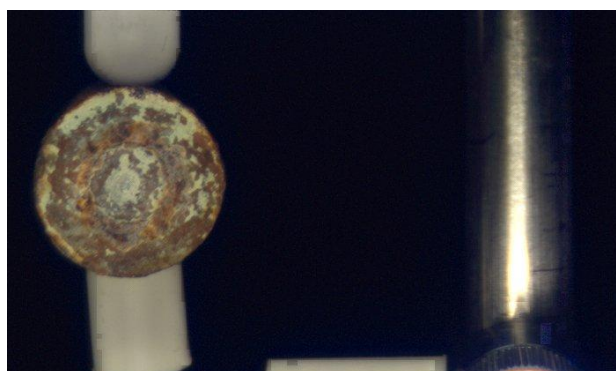


Ilustración 172 – Posición Horizontal Directa zona 3 Vaina de Bala Oxidada



Ilustración 173 – Posición Horizontal Directa zona 8 Vaina de Bala Oxidada

Una vez realizadas las cuatro tomas de vistas tendríamos en la parte inferior de la pantalla las cuatro familias obtenidas y comienza el siguiente proceso que será el de cortar o eliminar aquellas partes que no correspondan con el objeto a digitalizar y así dejar limpio nuestro objeto.

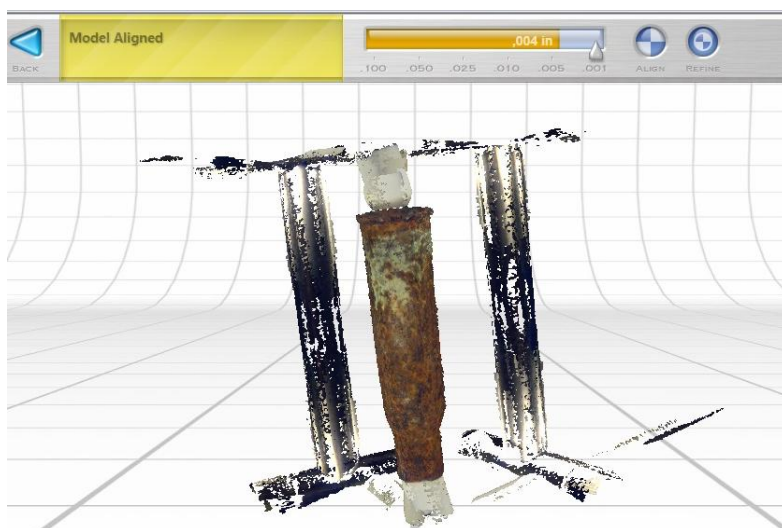


Ilustración 174 – Inicio de la eliminación de elementos externos

Se pueden observar las familias A, B, C y D y una quinta familia que es la familia E, que ya posee en ella la alineación de las diversas familias limpias de elementos externos, tras haber actuado con la herramienta TRIM de corte.

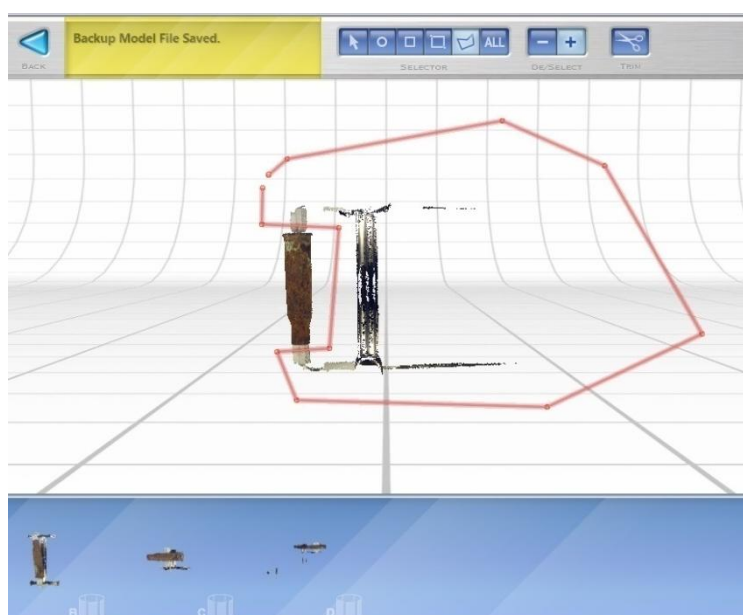


Ilustración 175 – Utilización de la herramienta TRIM

El siguiente paso trata de alinear las distintas tomas de vistas obtenidas en una única sola. El proceso debe comenzar por cada familia. Debemos hacer doble click en cada familia para ampliar la vista de las mismas y empezar la alineación paso a paso en cada una de ellas.

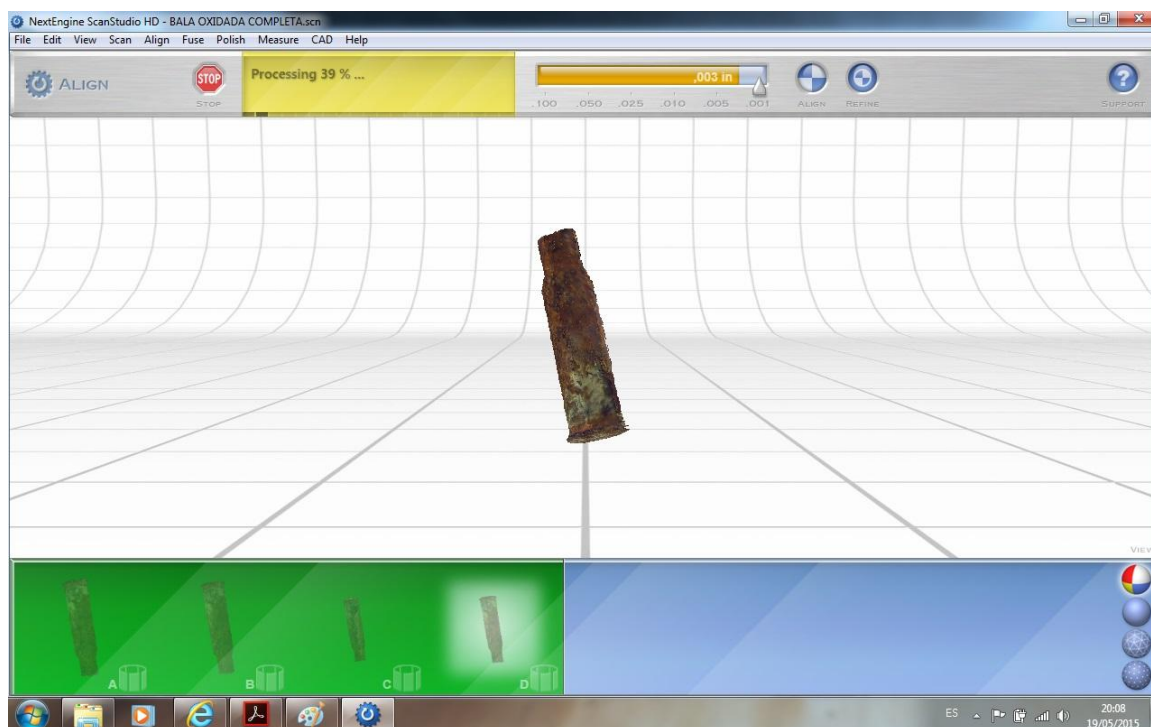


Ilustración 176 – Grupo de familias

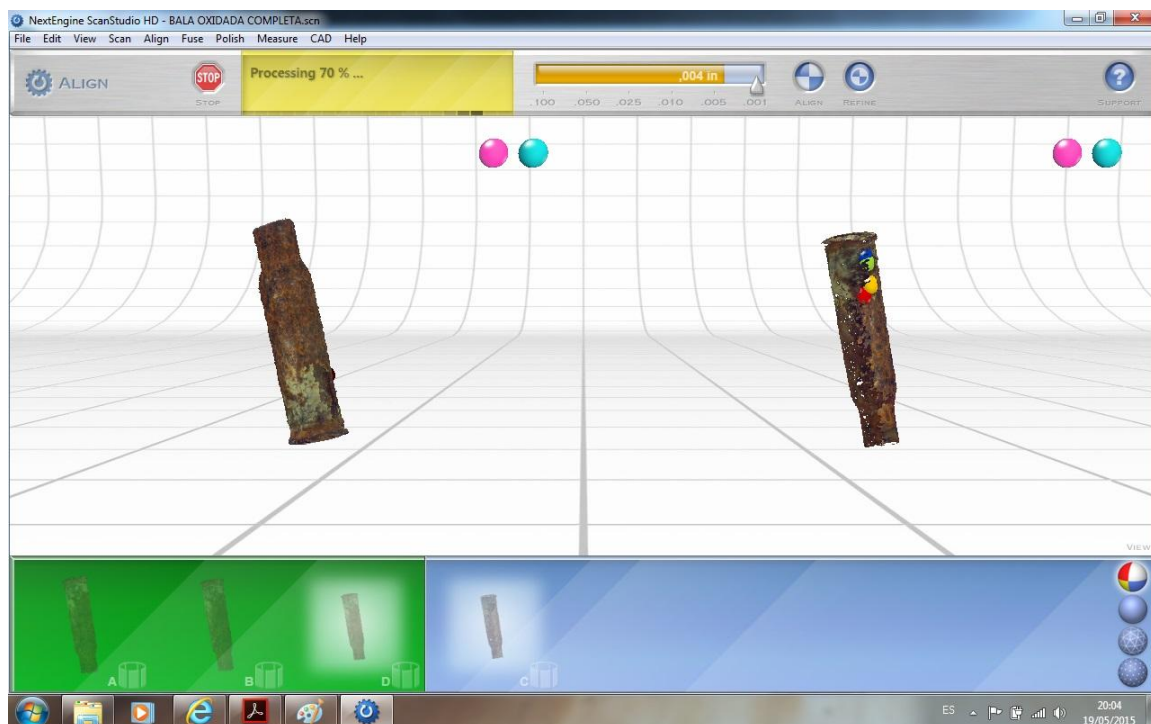


Ilustración 177 – Inicio de Alineación



Ilustración 178 – Alineación de varias familias diferentes.

Una vez alineadas las diferentes familias, obtendremos otra familia más, que será la combinación de todas estas anteriores. A partir de esta combinación exenta de elementos extraños y una vez alineadas las sucesivas familias, será con este modelo digital con el que continuaremos el trabajo, desarrollando la sucesivas tareas posteriores como serán la fusión, relleno de agujeros, suavizar y alisar partes del objeto, etc.

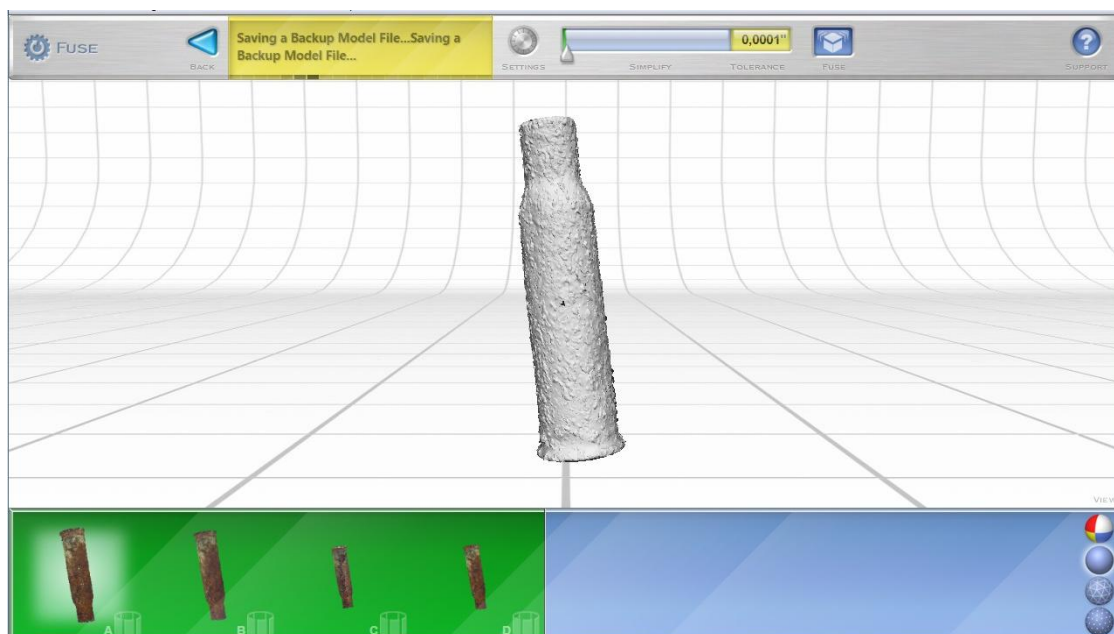


Ilustración 179 – Objeto obtenido de la unión de las diversas familias.



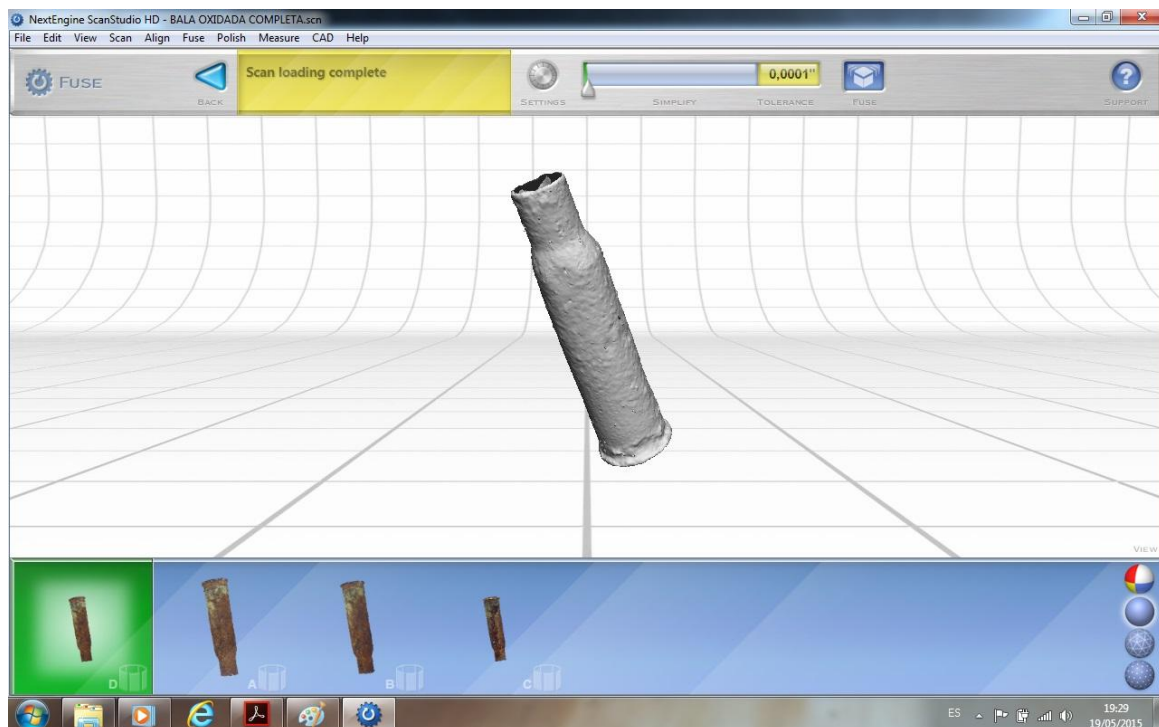


Ilustración 180 – Fusión de las diferentes familias

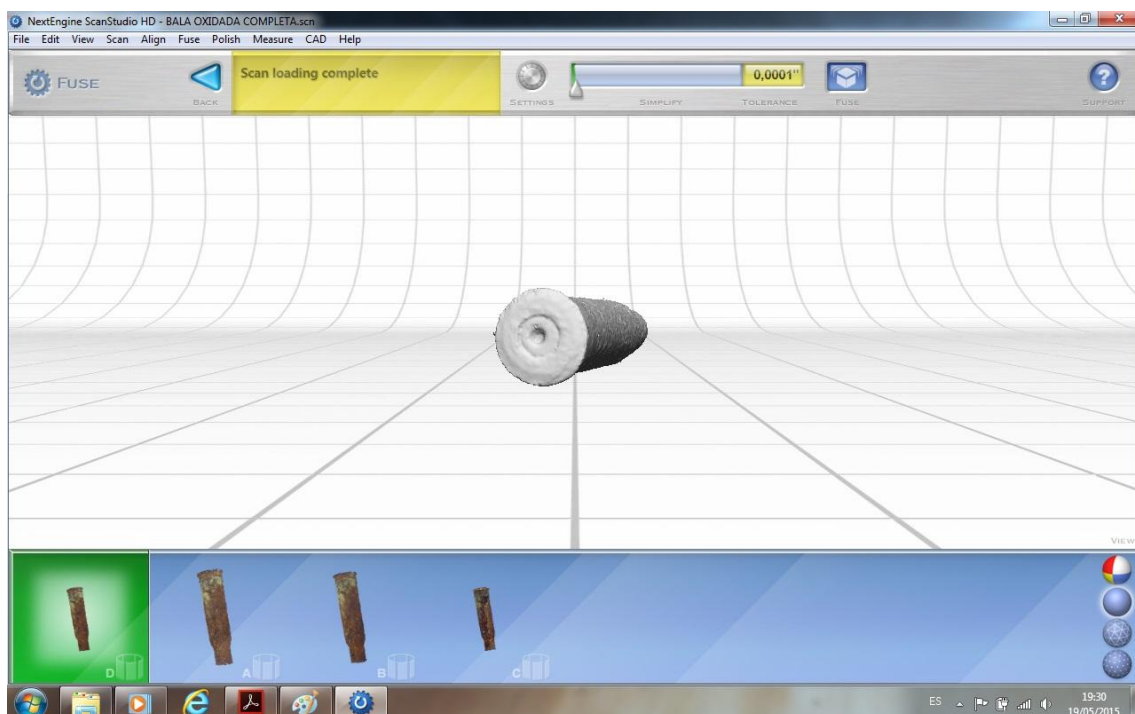


Ilustración 181 – Resultado final de la fusión anterior (parte inferior)

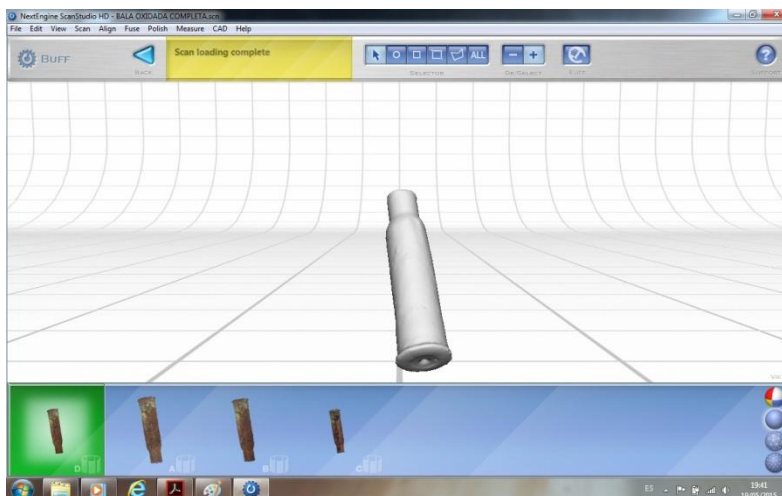


Ilustración 182 – Resultado final de la fusión vista frontal

Al utilizar la herramienta FUSE conseguiremos unificar las mallas de los escaneados alineados y eliminar las zonas superpuestas creando así un mallado único y continuo.

Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- Tolerancia = 0.0001``
- Hole Filling = 1 inches
- Terxture Blending = 30
- Resolution Ratio = 0.9

A estos datos llegué de forma experimental probando.

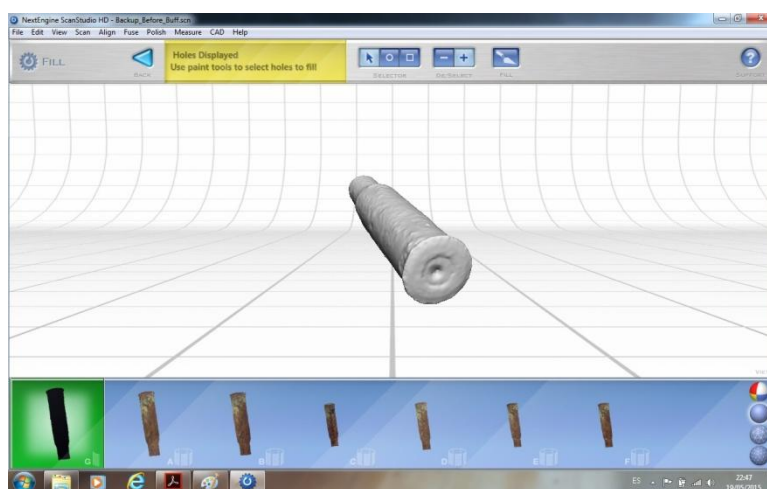


Ilustración 183 – Resultado de las fusiones.

El siguiente paso es el relleno de huecos que puedan surgir en el modelo fusionado.

Al seleccionar esta pestaña FILL, nos aparecen dentro varias opciones que son formas para poder seleccionar las diversas partes a las que queramos añadir material para rellenar los huecos que pueda haber. Se realizó el relleno de huecos en la pieza de modo análogo a la pieza nº 1.

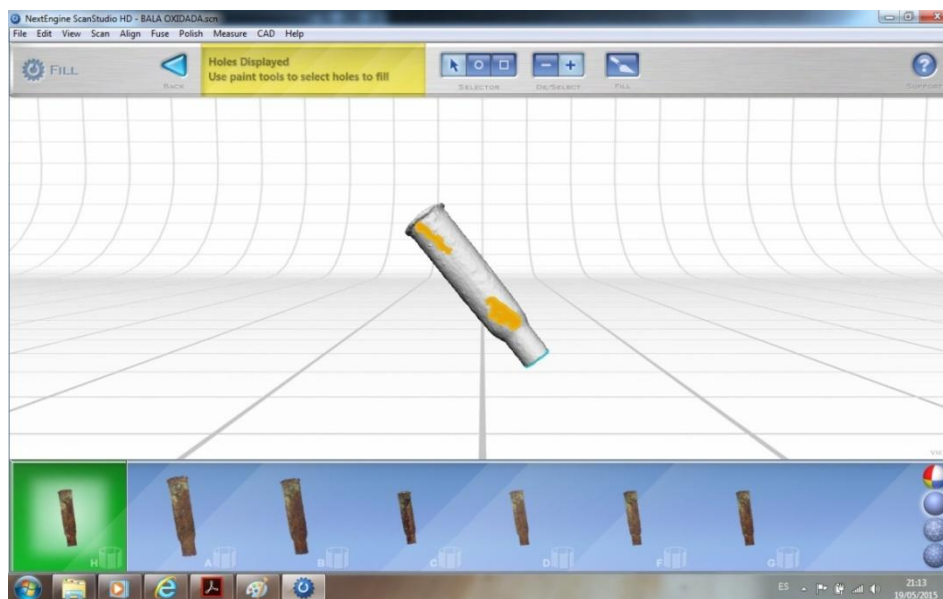


Ilustración 184 – Huecos detectados

Si todo ha funcionado tal y como esperábamos, cerrando los huecos y dejando la zona lisa y perfecta, no habría más que hacer que continuar con el proceso y seguir con los pasos determinados avanzando en el desarrollo del trabajo.

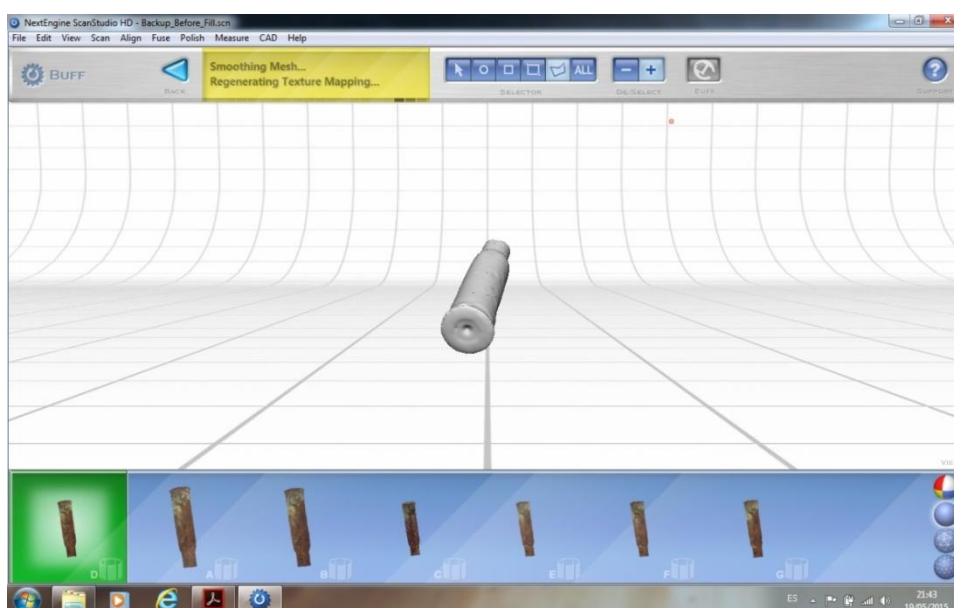


Ilustración 185 – Huecos rellenados

En el siguiente proceso entra en juego la herramienta BUFF. En esta herramienta podemos determinar varios parámetros como son la cantidad de alisado que se quiere conseguir, la desviación de la tolerancia y la capacidad de obtener bordes lisos o mantenerlos bruscos.

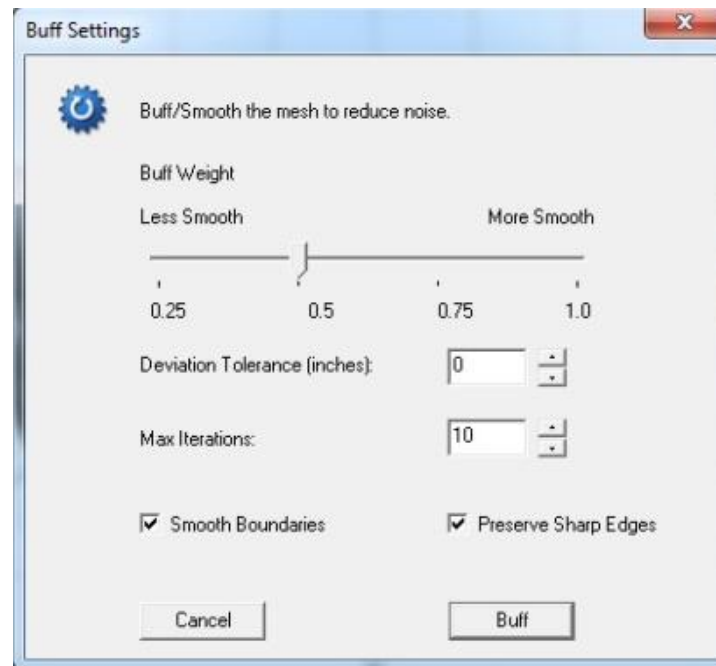


Ilustración 186 – Herramienta BUFF

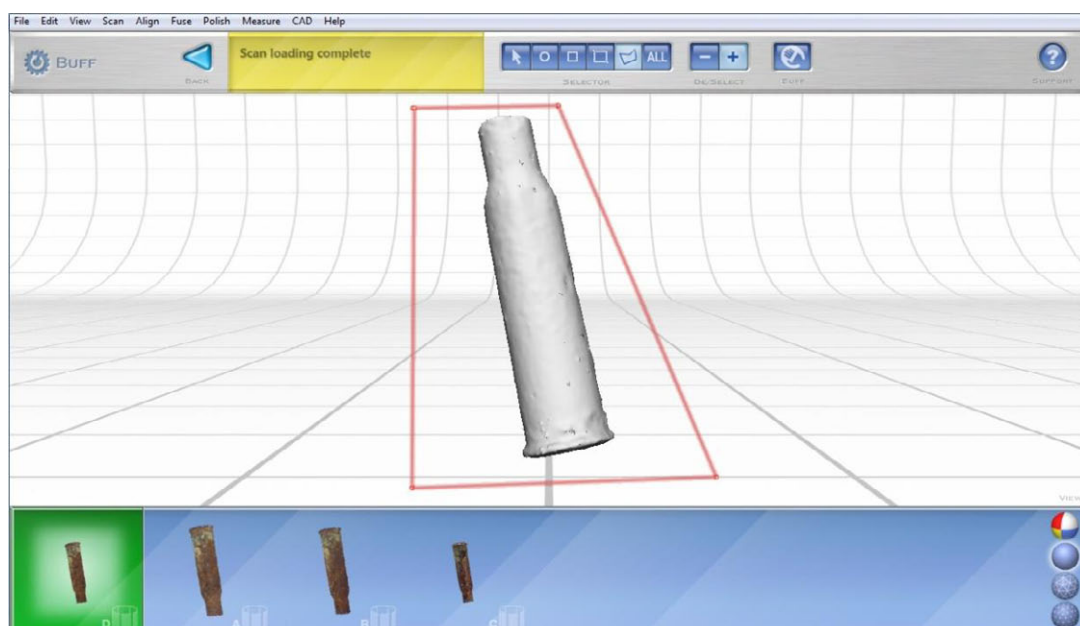


Ilustración 187 – Uso de la herramienta BUFF



A continuación se utilizó la herramienta POLISH.

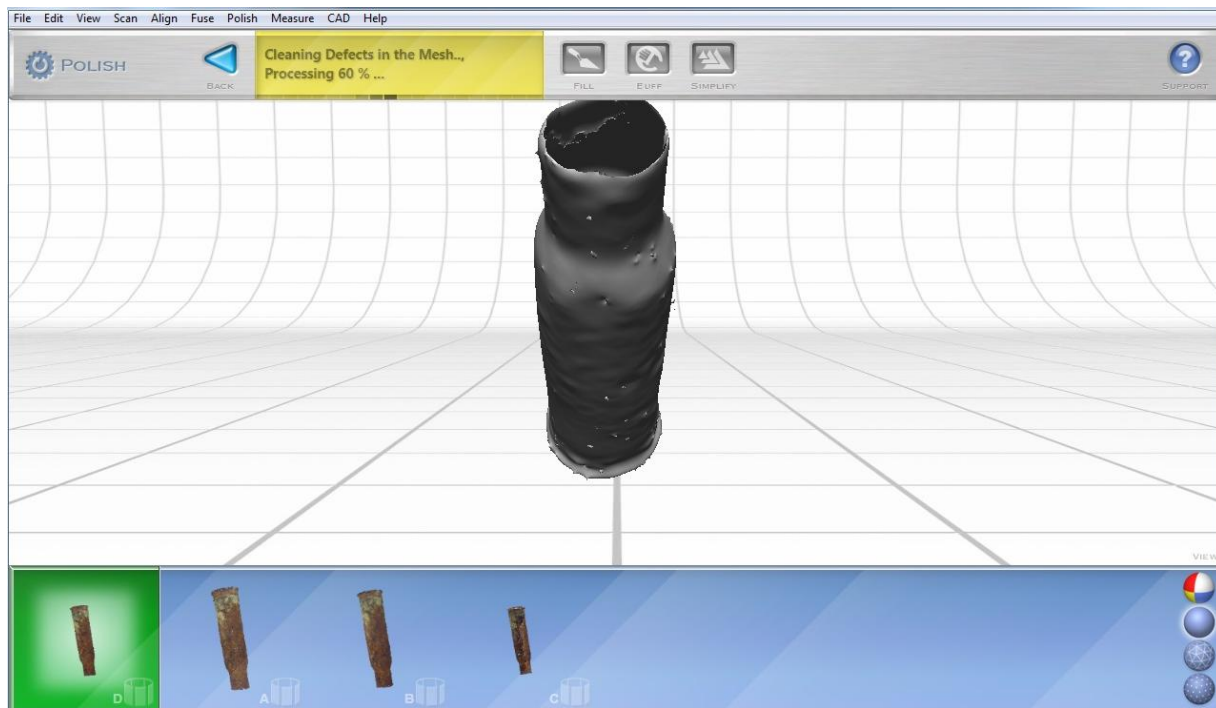


Ilustración 188 – Utilización de la herramienta CLEAN DEFECTS

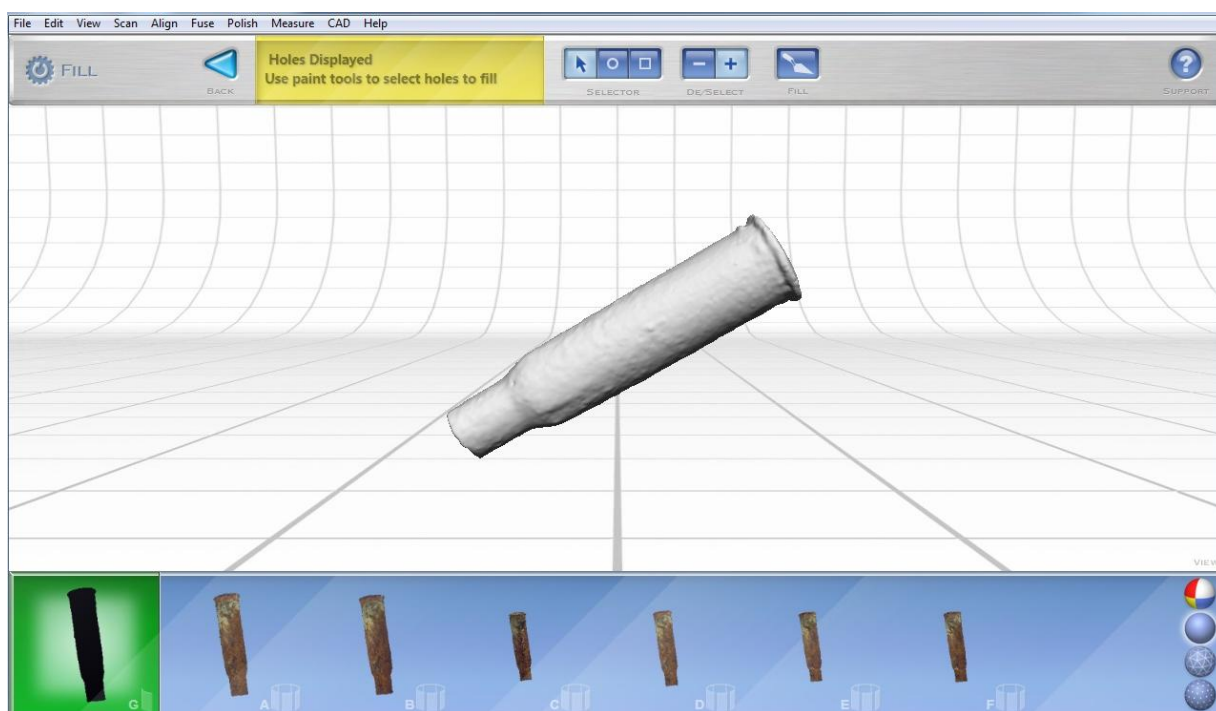


Ilustración 189 – Cierre de Huecos

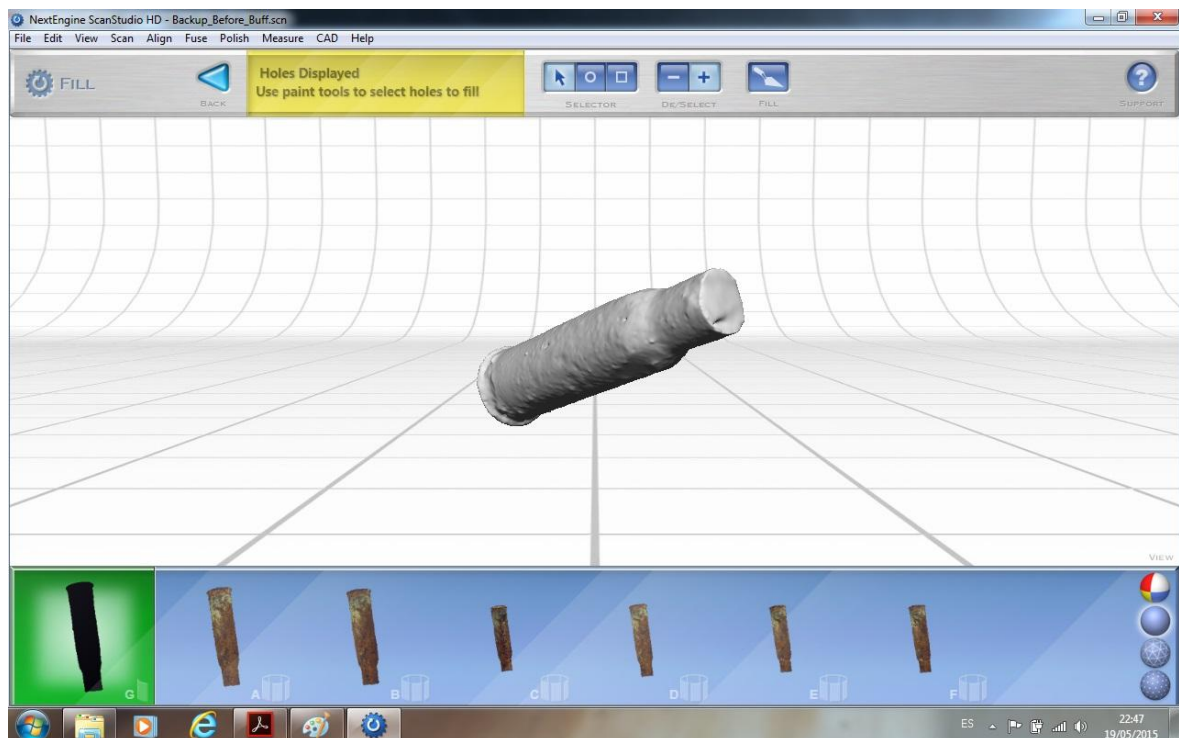


Ilustración 190 – Modelo final sobre fondo blanco

A continuación mostraremos varias posibilidades dentro de la pestaña CAD:

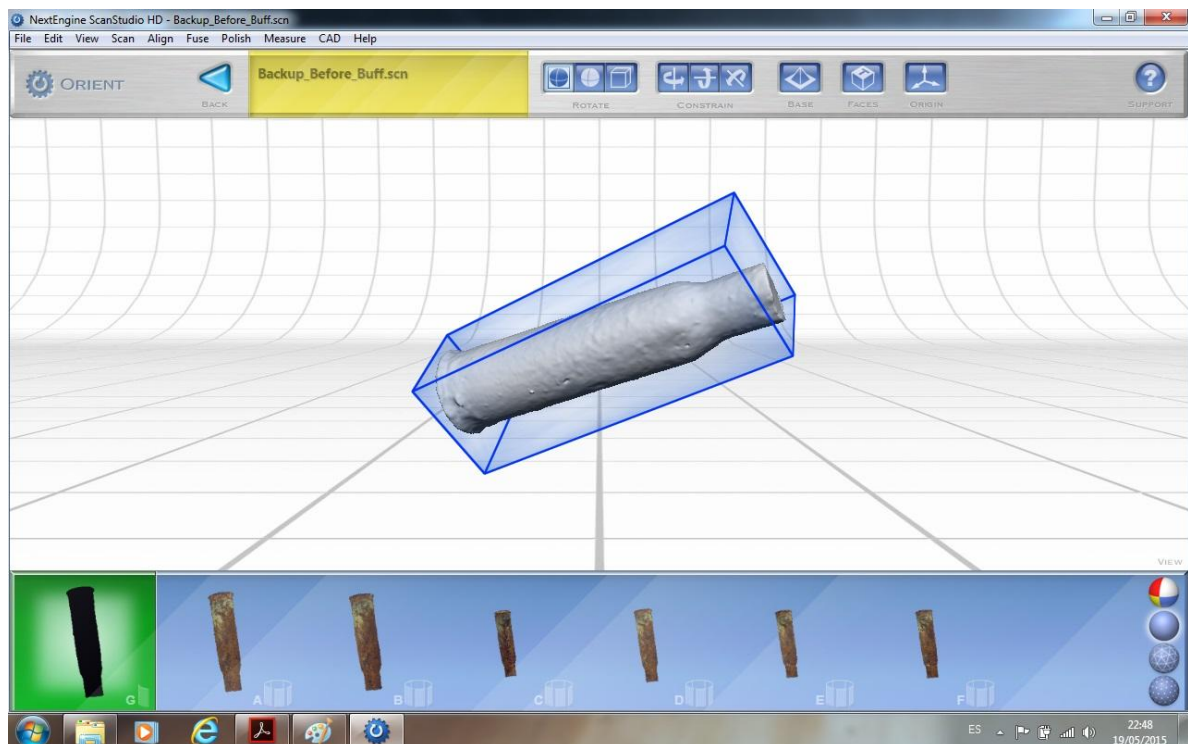


Ilustración 191 – Pestaña ROTATE 1

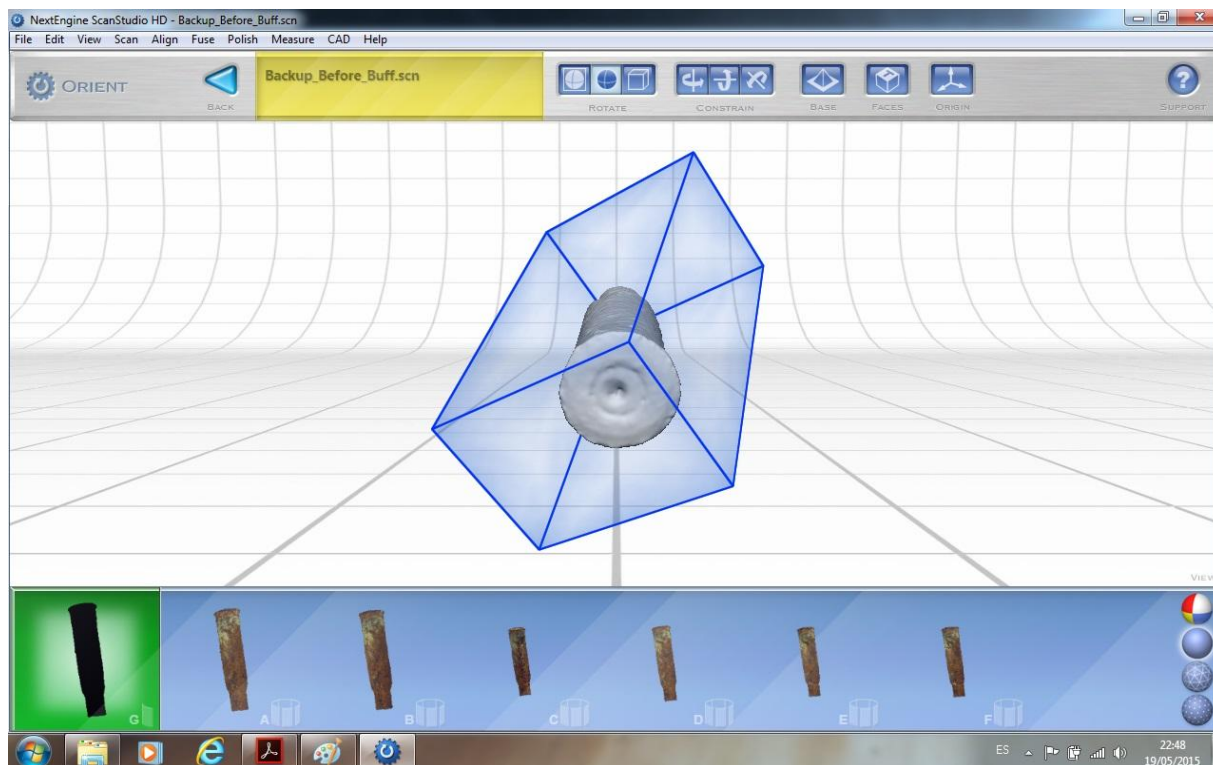


Ilustración 192 – Pestaña ROTATE 2

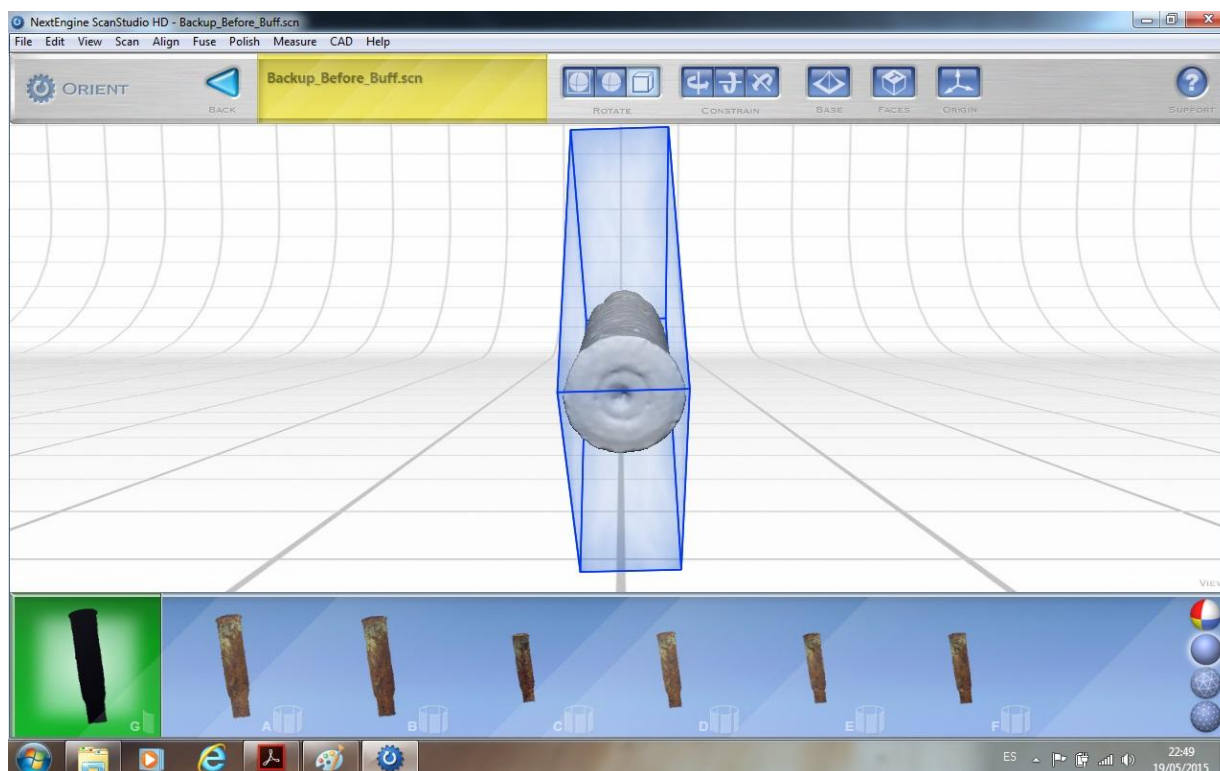


Ilustración 193 – Pestaña ROTATE 3



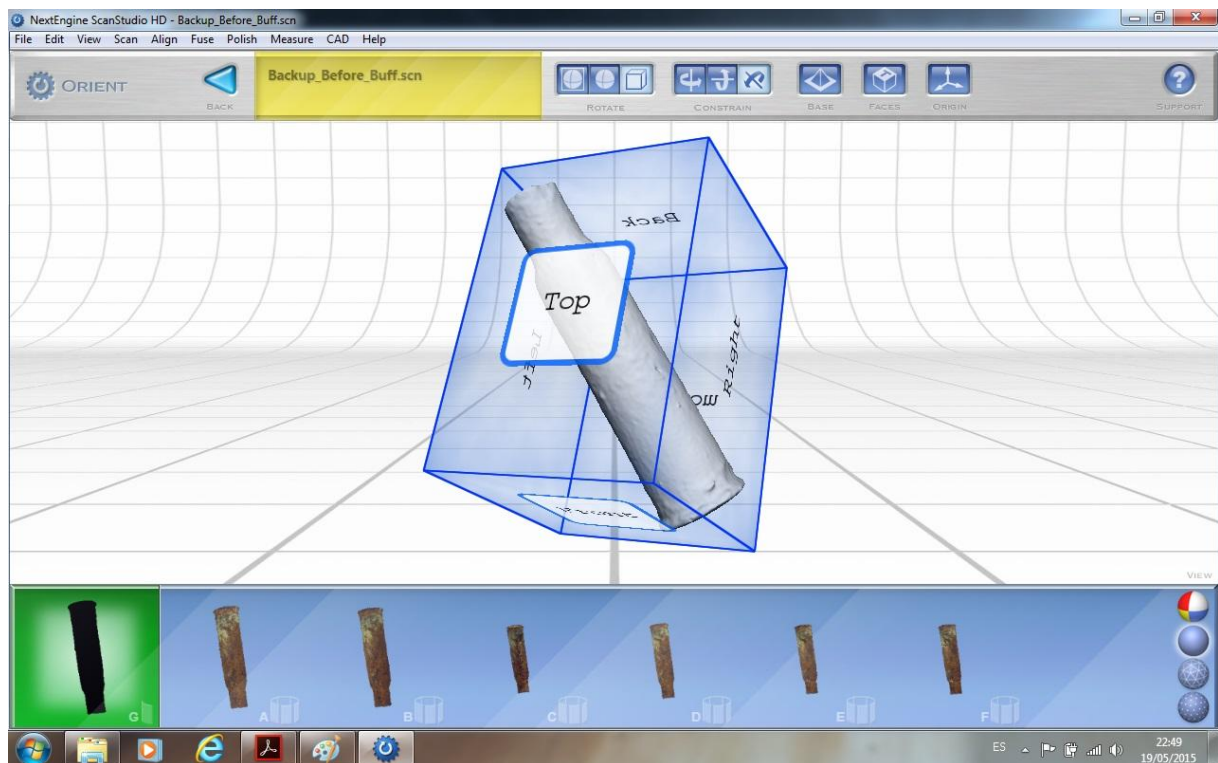


Ilustración 194 – Pestaña CONSTRAIN 3

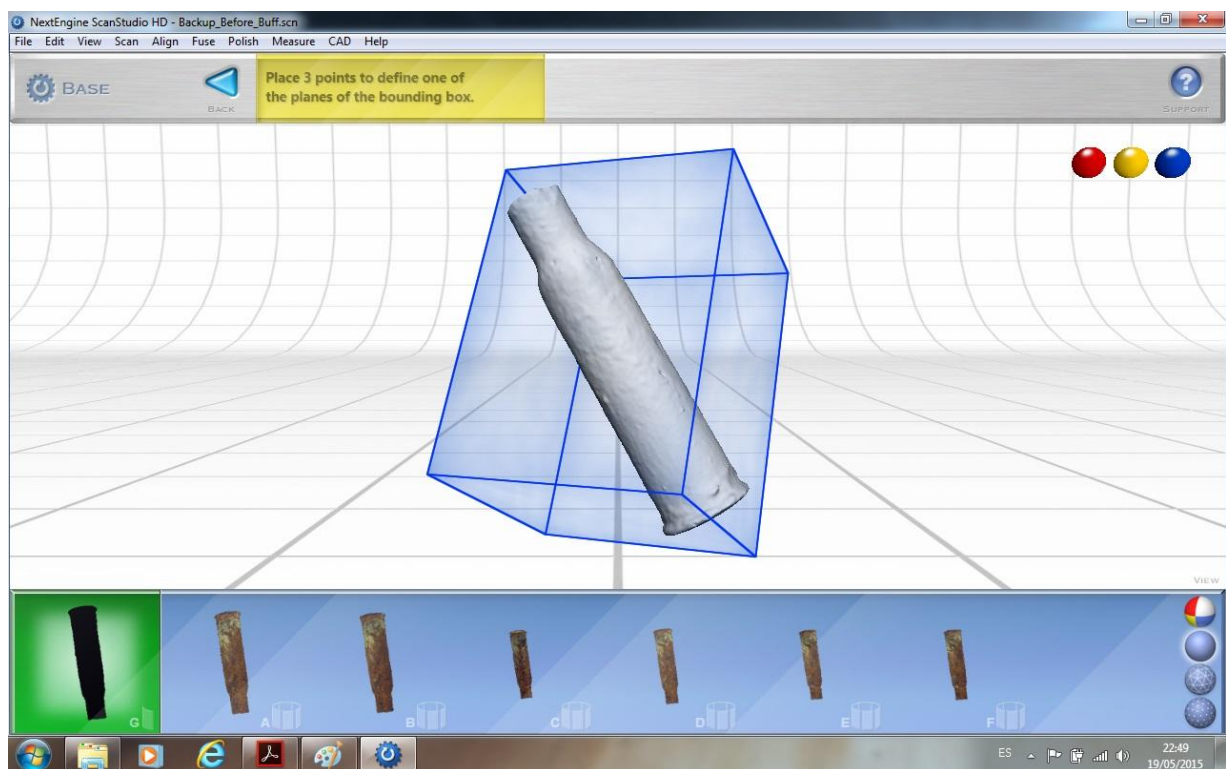


Ilustración 195 – Pestaña BASE



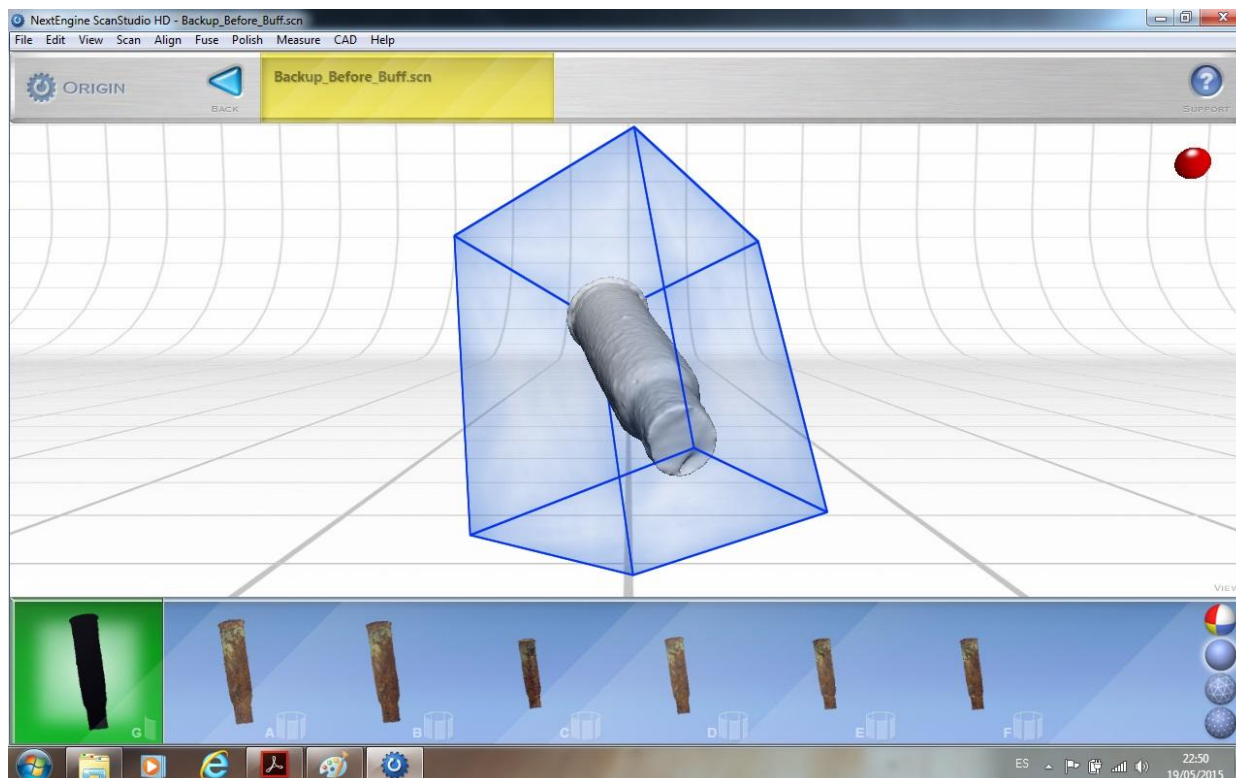


Ilustración 196 – Pestaña ORIGIN

### 7.3. ESCÁNER LÁSER EN VAINA DE BALA CURVA

#### 7.3.1. Comprobaciones iniciales

Es el proceso análogo al que se siguió con las Vainas de Bala anteriores.

#### 7.3.2. Inicio del proceso

Una vez comprobado el correcto funcionamiento tanto del equipo escáner láser como del Software (ScanStudio HD) necesarios para el desarrollo del trabajo, habiendo montado el equipo escáner láser como debe realizarse.

Una vez montadas sobre las barras metálicas, la plataforma circular pequeña y en su parte superior el dedal de caucho, situaremos la vaina de bala en posición vertical lo más centrado posible sobre la plataforma circular e introducimos el dedal de caucho dentro de la boca de la vaina de bala para obtener el mejor ajuste posible y evitar con el movimiento que pudiera producirse.



*Ilustración 197 – Vaina de Bala Curva*

### **7.3.3. Proceso a seguir con la Vaina de Bala Curva**

Una vez montada la Vaina de Bala Curva sobre la plataforma circular pequeña y el dedal de caucho, tendremos que comprobar que la plataforma giratoria y por tanto que la vaina de bala se encuentran a la distancia necesaria para realizar unas correctas tomas de vistas.

También deberemos constatar que al rotar dicha plataforma giratoria, la vaina de bala se mantendrá siempre y en todo momento dentro del campo de visión de nuestro equipo escáner láser para obtener un trabajo óptimo.

### **7.3.4. Exploración de la Vaina de Bala Curva en 360°**

Tras haber realizado las exploraciones en 360° de toda la morfología de la pieza y observado la correcta visualización del objeto durante toda la vuelta completa dentro del campo de visión del equipo escáner láser, pasaremos a la configuración pertinente del software para comenzar con las tomas de vistas propiamente dichas.



Ilustración 198 – Pruebas de configuración Vaina de Bala Curva

### 7.3.5. Configuración de la toma de datos

En primer lugar determinaremos que el escaneo de nuestro escáner láser se haga por toda la pieza de forma horizontal. Esto quiere decir, que se realizará el escaneo a 360º respecto de la pieza, con lo cual deberíamos obtener toda la posición vertical de la vaina de bala, en todas sus caras.

En segundo lugar, le diremos al programa que realice 8 tomas diferentes con las que son más que suficientes para obtener todas y cada una de las partes completas de nuestra vaina de bala, consiguiendo cierto solape entre todas ellas, consiguiendo así, por consiguiente, un trabajo de buena calidad en todas y cada una de sus pasadas.

En tercer lugar, podemos determinar la calidad que queremos para nuestro trabajo. Ello afectará sin duda, tanto a la duración de la exploración o tomas de vistas a realizar, así como, en el tamaño del archivo que posteriormente se generará. En el caso de nuestro proyecto, determinaremos una calidad alta o HD, en la última de las muescas de este rango, para obtener la máxima calidad posible, aunque ello nos hará tardar más en la obtención de la toma de vistas y obtendremos archivos de mayor tamaño.

En cuarto lugar, marcaremos la pestaña NEUTRAL, ya que esto está referido al tipo de color de nuestro objeto, en cuyo caso no es un objeto neutro, ni muy oscuro, ni muy claro. En quinto lugar, marcaremos MACRO en cuanto al rango, ya que nuestro objeto, es un objeto de pequeño tamaño. Si tuviéramos un objeto de tamaño considerable, marcaríamos WIDE.

Una vez configurados y determinados todos estos parámetros, en la parte inferior de la pantalla de configuración se indica el tiempo que tardará el proceso de exploración y obtención del modelo digital de la vaina de bala, así como, de la cantidad de espacio que ocupará el fichero que se genere a partir de estas exploraciones.

Seleccionaremos, entonces, ampliamente el recorrido que habrá de llevar la bala en su movimiento giratorio, realizando un cerco a modo de rectángulo que contendrá este recorrido. Con ello insistiremos al programa, en que solo deberá centrarse en esta zona seleccionada a la hora de adquirir las tomas de vistas de nuestra vaina de bala.

Así, de esta forma, daremos paso finalmente, al proceso de la toma de vistas de nuestra Vaina de Bala Curva, pudiendo obtener a partir de este momento el modelo digital necesario para desarrollar nuestro trabajo y por consiguiente, terminando con el proceso de configuración del programa ScanStudio HD.

Cerraremos este ciclo completamente, una vez pinchemos con el cursor de nuestro ratón en el triángulo verde de la zona superior de la pantalla para comenzar, por fin, con el escaneo real de nuestro objeto de estudio.

#### 7.3.6. Toma de datos de la Vaina de Bala Curva

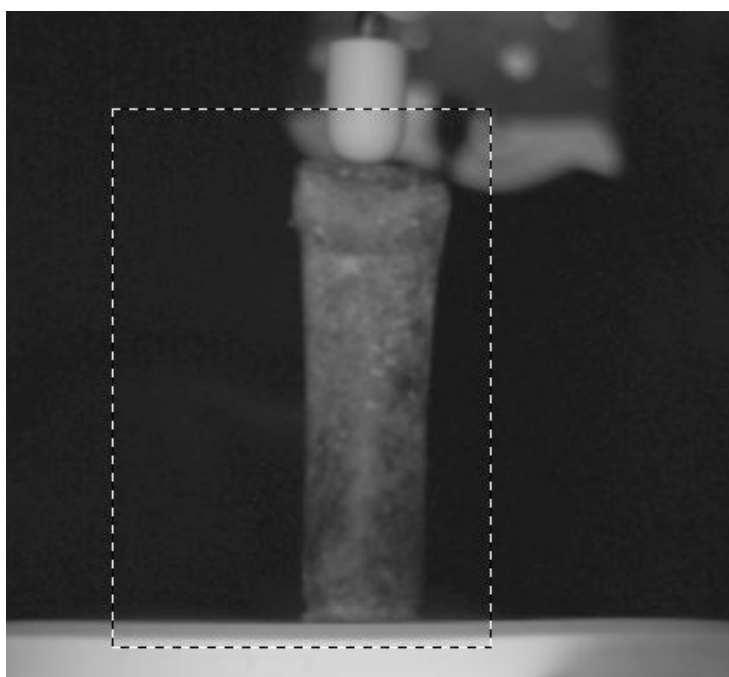


Ilustración 199 – Escáner láser escaneando la Vaina de Bala Curva



Una vez terminado todo el escaneo correspondiente, en la posición vertical directa, deberemos volver a realizar el mismo proceso pero en la posición opuesta, en posición vertical inversa para poder obtener el modelo digital desde otro punto de vista que nos pueda complementar el ya obtenido.

Este proceso deberá repetirse todas las veces que sean necesarias para conseguir un modelo digital de calidad tal y como necesitamos en este trabajo que estamos desarrollando. En este proyecto se realizaron cuatro tomas de vistas.

La primera sería en posición vertical directa tal y como se ha mostrado anteriormente. La segunda vendría a ser en la posición opuesta a esta anterior, en posición vertical inversa.

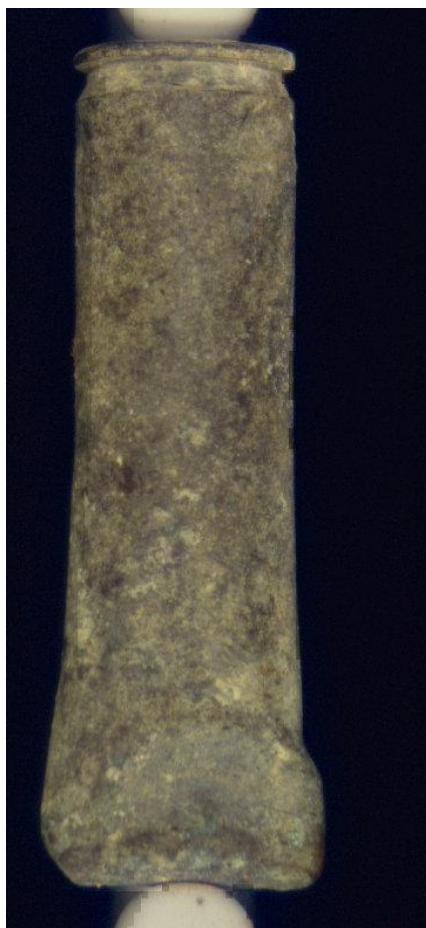


Ilustración 200 – Posición Vertical Inversa zona 1 Vaina de Bala Curva



Ilustración 201 – Posición Horizontal Directa zona 1 Vaina de Bala Curva



Ilustración 202 – Posición Horizontal Directa zona 2 Vaina de Bala Curva



Ilustración 203 – Posición Horizontal Directa zona 3 Vaina de Bala Curva



Ilustración 204 – Posición Horizontal Directa zona 8 Vaina de Bala Curva

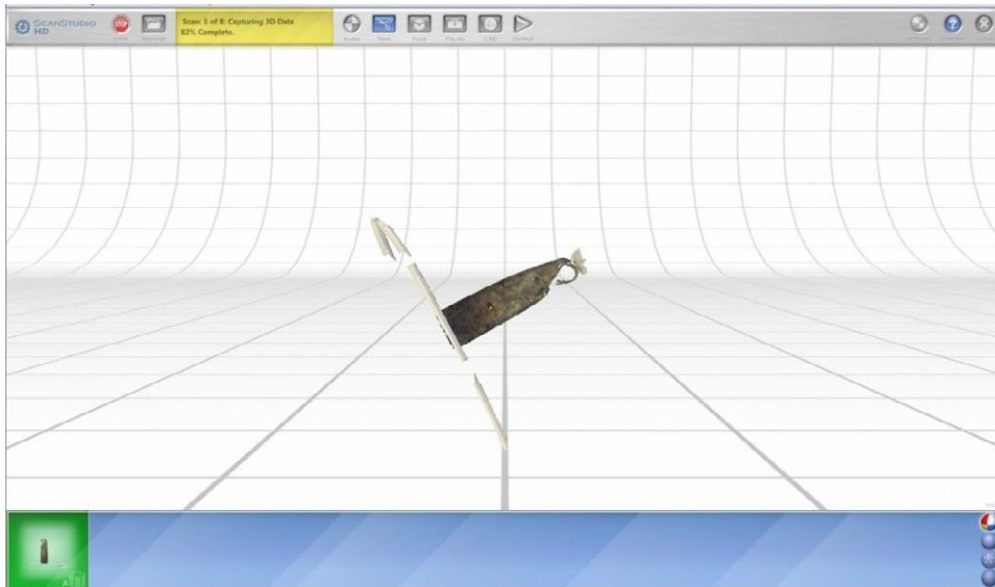


Ilustración 205 – Producto antes de la eliminación de elementos externos

Una vez realizadas las tomas necesarias se podrán observar las familias diferentes familias que surjan dependiendo del número de tomas que hayamos realizado.

Se obtienen cuatro familias, por realizar cuatro tomas de vistas diferentes, las familias A, B, C y D y una quinta familia que es la familia E, la cual ya posee en ella la alineación de las diversas familias limpias de elementos externos, tras haber actuado con la herramienta TRIM de corte.

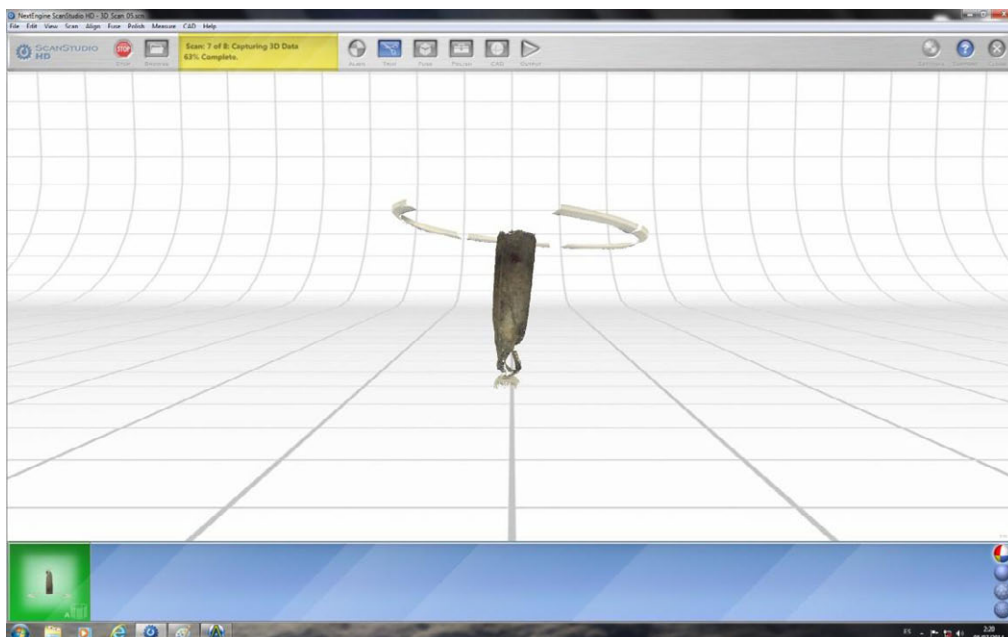


Ilustración 206 – Momento para usar la herramienta TRIM

El siguiente paso trata de alinear las distintas tomas de vistas obtenidas en una única sola. El proceso debe comenzar por cada familia. Debemos hacer doble click en cada familia para ampliar la vista de las mismas y empezar la alineación paso a paso en cada una de ellas.

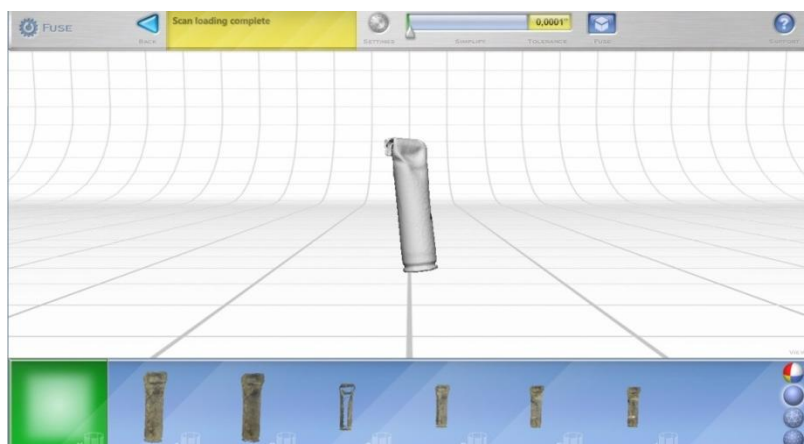


Ilustración 207 – Grupo de familias

Una vez alineadas las diferentes familias, obtendremos otra familia más, que será la combinación de todas estas anteriores. Ya tendremos esta familia única con todos los elementos externos innecesarios eliminados, habiendo dejado esta familia única completamente limpia y alineada en una sola combinación.

A partir de esta combinación exenta de elementos extraños y una vez alineadas las sucesivas familias, será con nuestro objeto digital principal con el que continuaremos el trabajo, desarrollando la sucesivas tareas posteriores como serán la fusión, relleno de agujeros, suavizar y alisar partes del objeto, etc.

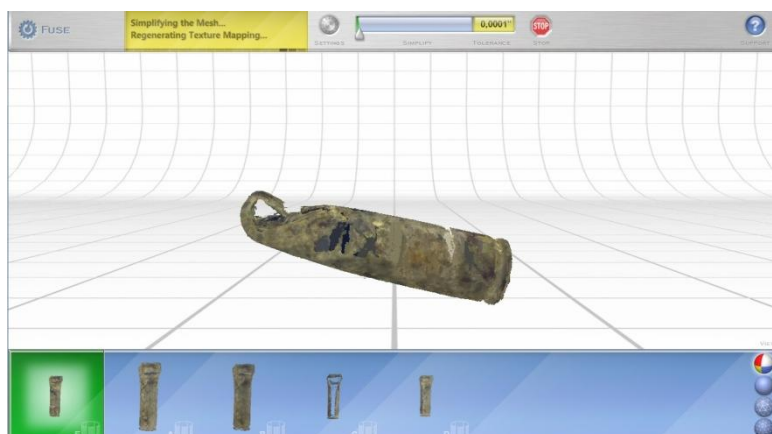


Ilustración 208 – Momento de la realización de la fusión



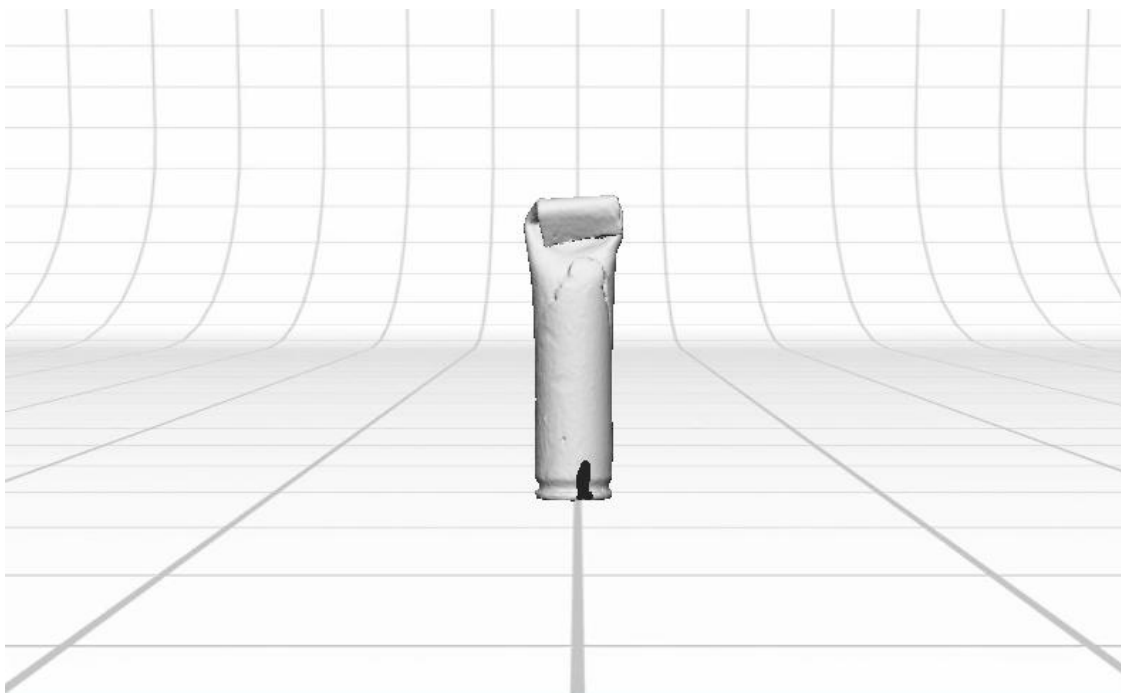


Ilustración 209 – Fusión de las diferentes familias

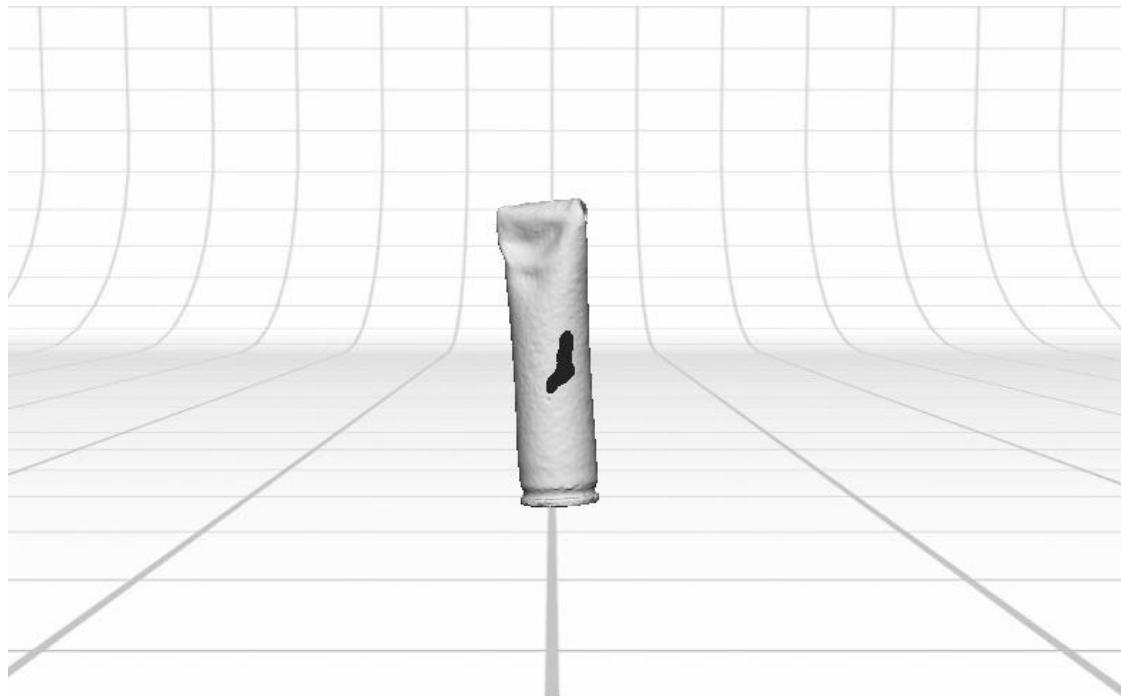


Ilustración 210 – Fusión final

Una vez fusionadas las diversas piezas, obtenemos un modelo objeto.

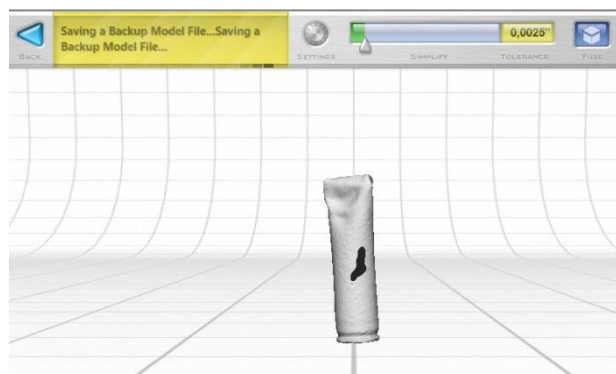


Ilustración 211 – Objeto tras la fusión inicial

Al utilizar la herramienta FUSE conseguiremos unificar las mallas de los escaneados alineados y eliminar las zonas superpuestas creando así un mallado único y continuo.

Los parámetros fueron los siguientes:

- Tolerancia – 0.0001``
- Hole Filling – 1 inches
- Terxture Blending – 30
- Resolution Ratio – 0.9

A estos datos llegué de forma experimental, probando innumerables veces diferentes tipos de configuraciones.

Posteriormente se utilizaron las herramientas BUFF o FILL para rellenar posibles huecos o suavizar la morfología del objeto de estudio para conseguir una pieza más lisa y con menos bordes bruscos.

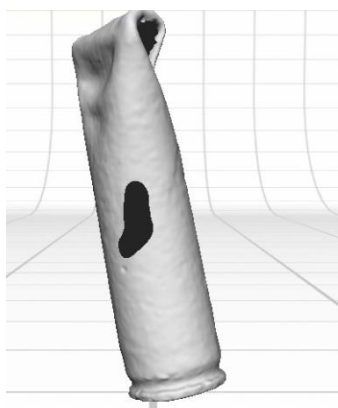


Ilustración 212 – Resultado de las fusiones.

El siguiente paso es el relleno de huecos que puedan surgir en nuestra figura ya fusionada.

Este paso se puede realizar de varias formas, pero el más directo es yendo a la pestaña POLISH con el símbolo de un maletín. Una vez hayamos accedido a esta pestaña, nos aparecerán otras tres más. Bien, pues la que nos interesa en este momento para rellenar los huecos que puedan haber surgido en nuestro objeto, es la pestaña FILL.

Al seleccionar esta pestaña FILL, nos aparecen dentro varias pestañas mas y por tanto varias funciones más. Básicamente los apartados que aparecen son formas para poder seleccionar las diversas partes a las que queramos añadir material para rellenar los huecos que pueda haber.

Primeramente deberíamos localizar los lugares donde haya agujeros, que generalmente vienen ya previamente marcados con un contorno azul que nos indica claramente donde están estos agujeros y facilitándonos de esta forma la localización de los mismos.

Una vez localizados estos agujeros, pasaremos a seleccionarlos mediante la herramienta del círculo o el cuadrado, según lo que nos interese en cada momento, aunque tienen en realidad, el mismo cometido y fin.

Con estos instrumentos pinchamos directamente sobre los agujeros a tapar y rápidamente se cambiarán de color azul a naranja, lo que quiere decir que los ha detectado con lo cual, simplemente deberíamos pinchar en la pestaña FILL y deberían rellenarse al momento.

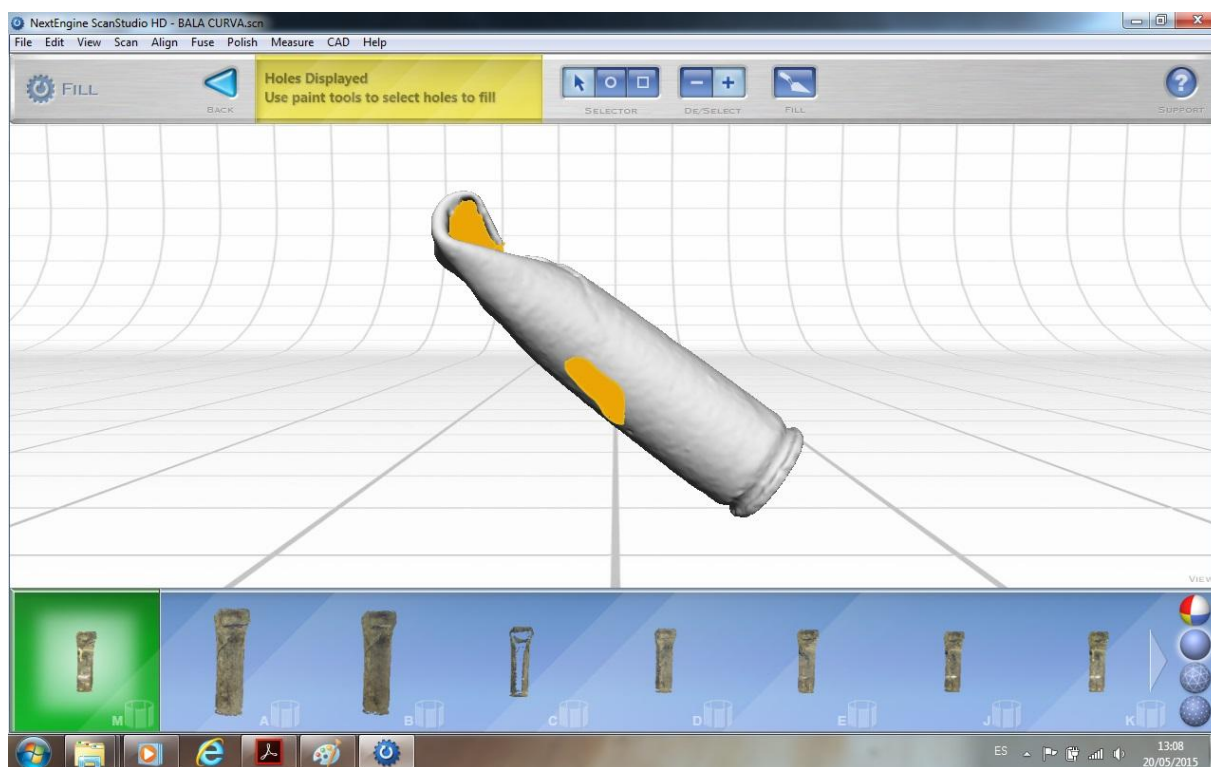


Ilustración 213 - Huecos detectados

Si todo ha funcionado tal y como esperabamos, cerrando los huecos y dejando la zona lisa y perfecta, no habría más que hacer que continuar con el proceso y seguir con los pasos determinados avanzando en el desarrollo del trabajo.

Si por contra no ocurre así, entonces habría que actuar con otras herramientas, ya sea repitiendo el proceso de fusión con otros parámetros, utilizando la pestaña para suavizar la superficie BUFF, con la herramienta REMESH etc.

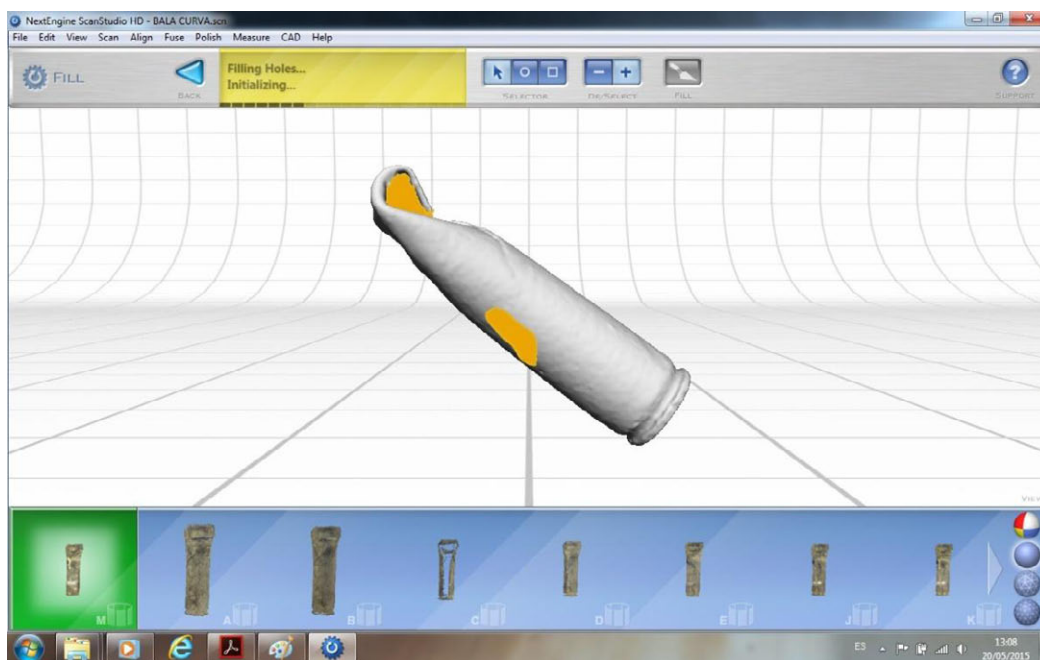


Ilustración 214 – Rellenando Huecos

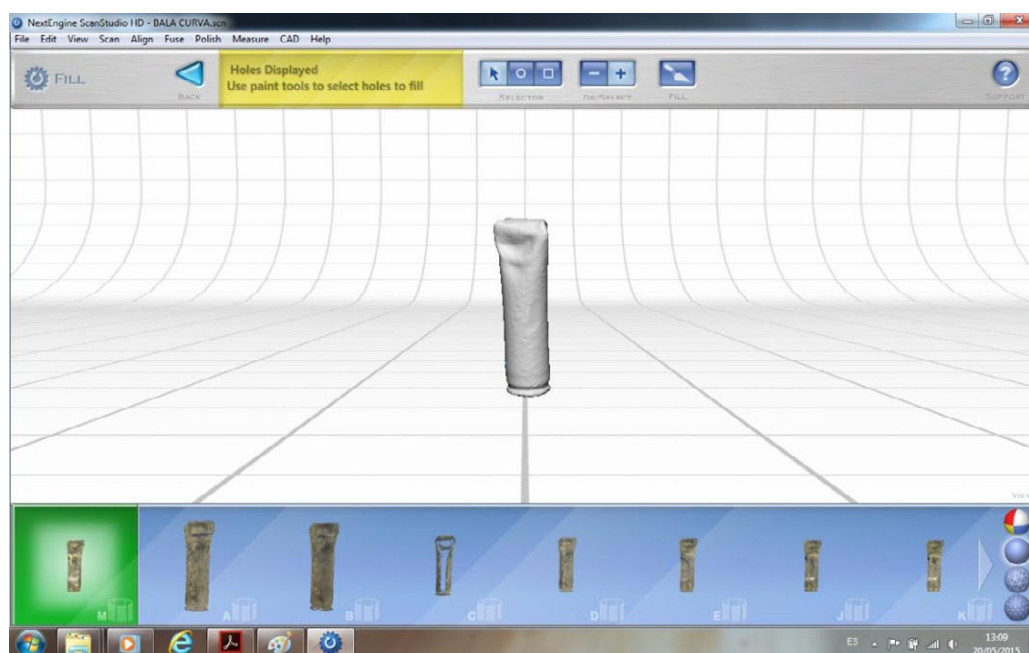


Ilustración 215 – Huecos Rellenados



En el siguiente proceso entra en juego la herramienta BUFF. Esta es una herramienta muy útil, ya que es fácil de usar, es rápida y aporta unas enormes prestaciones.

En esta herramienta podemos determinar varios parámetros como son la cantidad de alisado que se quiere conseguir, la desviación de la tolerancia y la capacidad de obtener bordes lisos o mantenerlos bruscos.

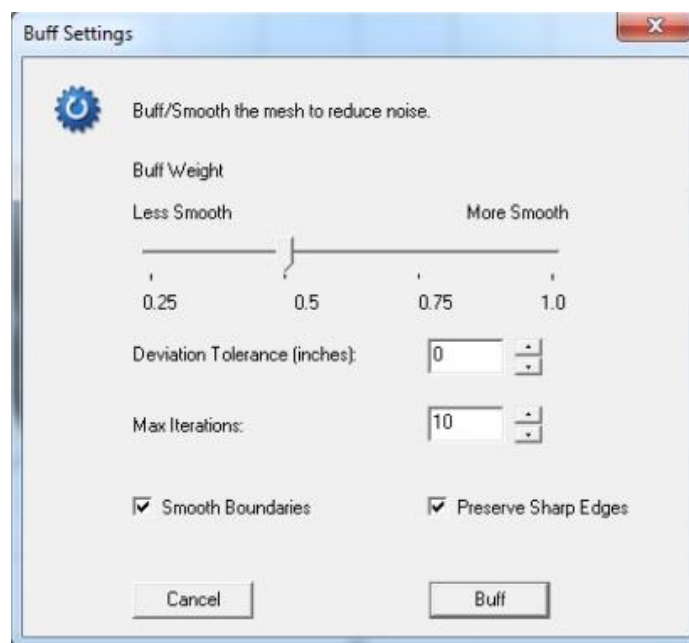


Ilustración 216 – Herramienta BUFF

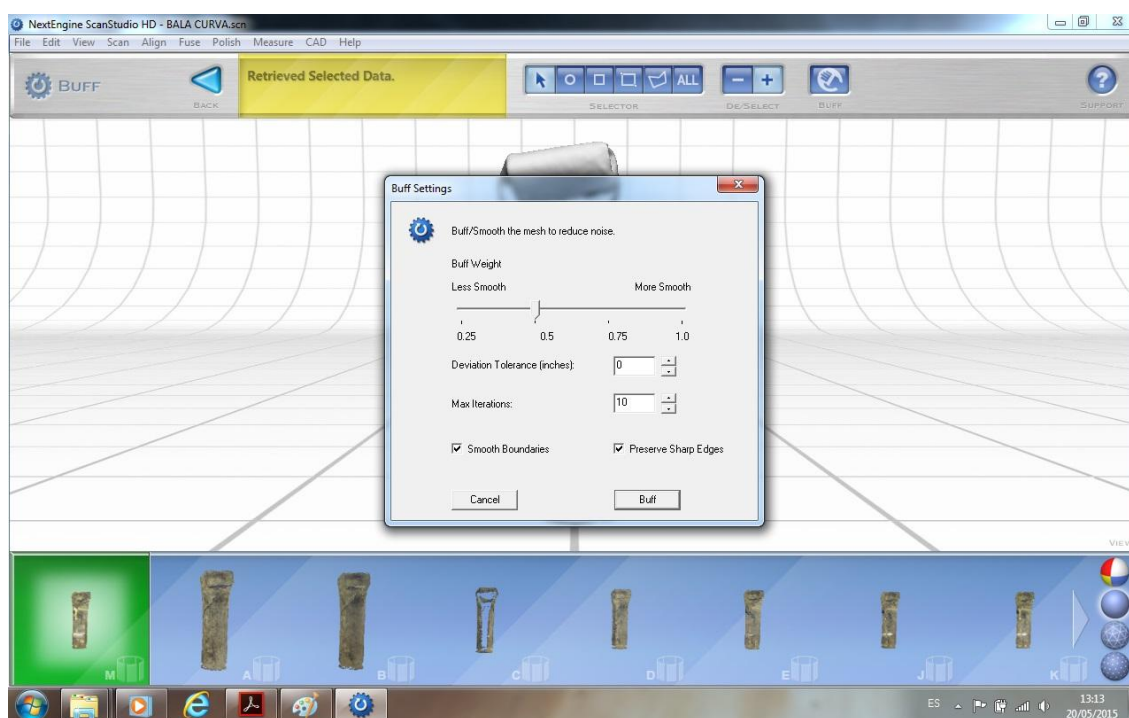


Ilustración 217 – Uso de la herramienta BUFF

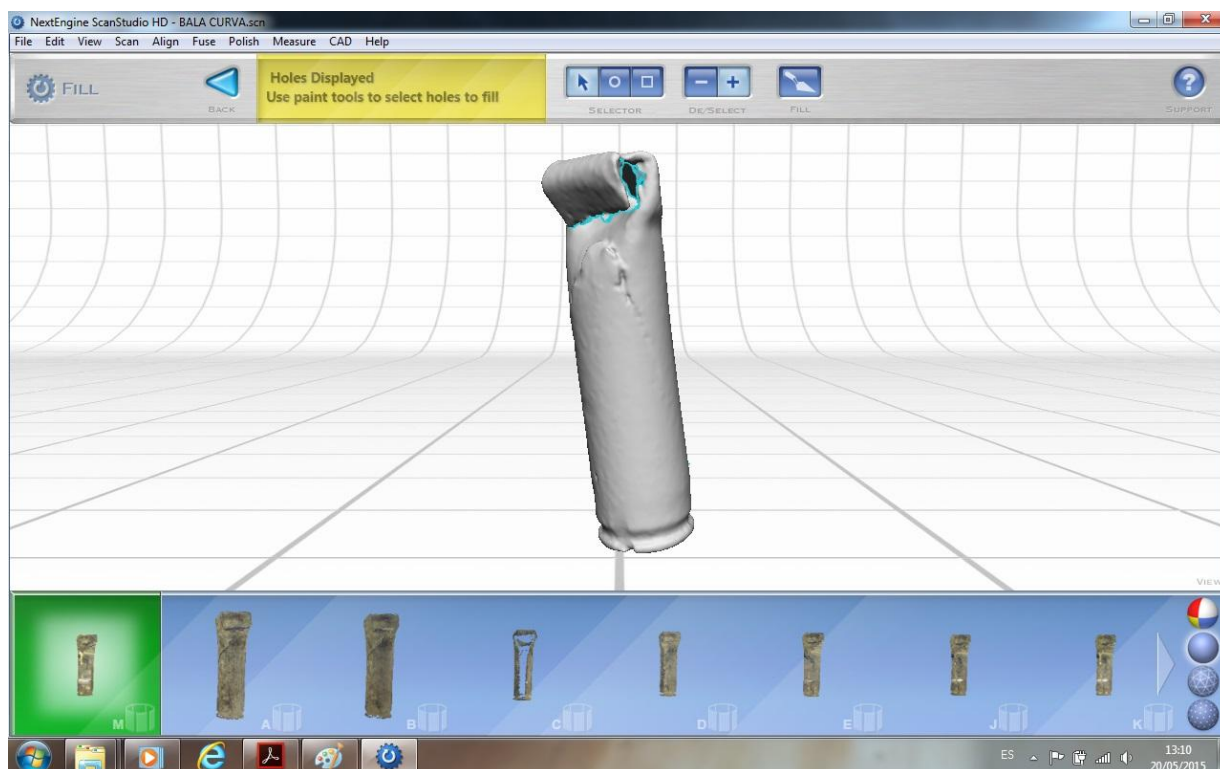


Ilustración 218 – Nueva detección de huecos

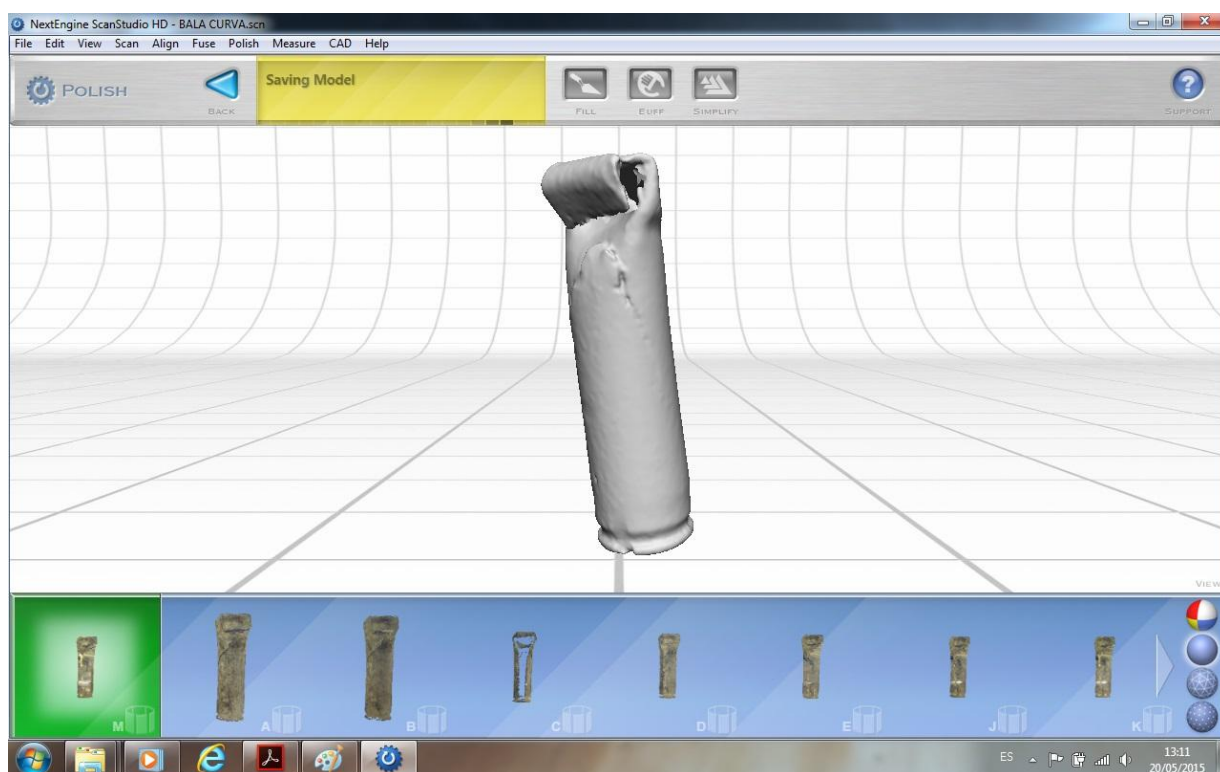


Ilustración 219 – Nuevo relleno de huecos

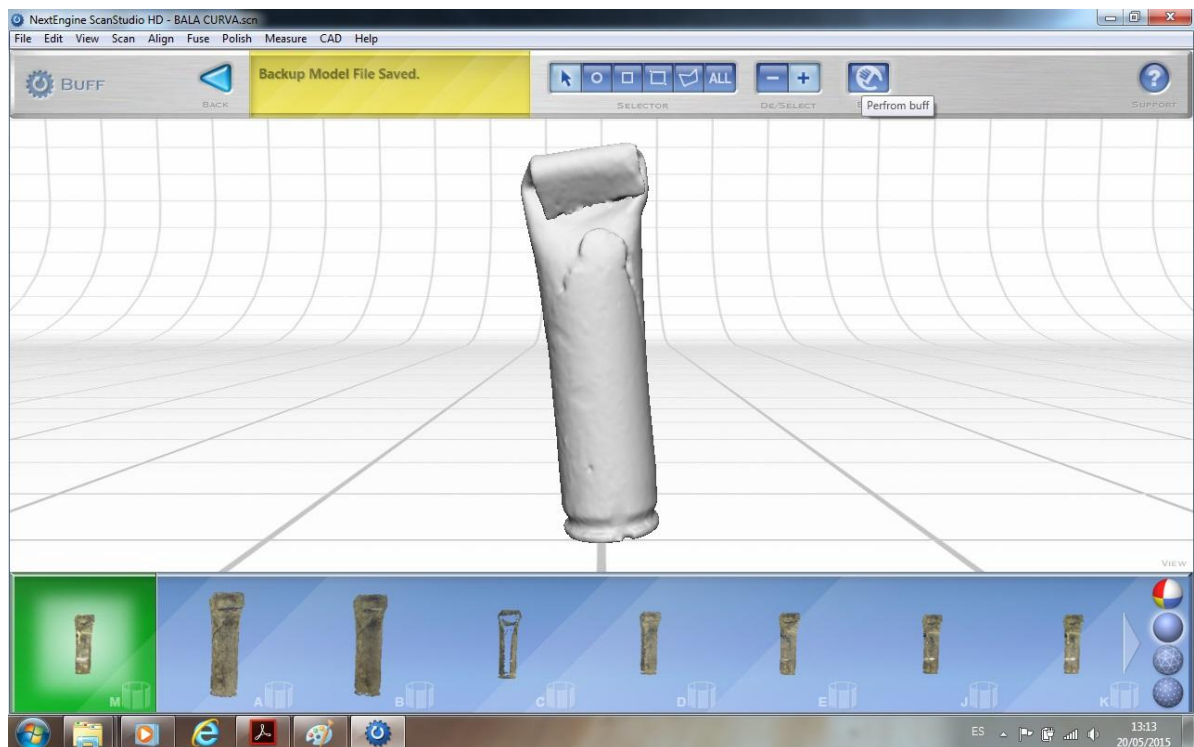


Ilustración 220 – Nueva utilización de la herramienta BUFF

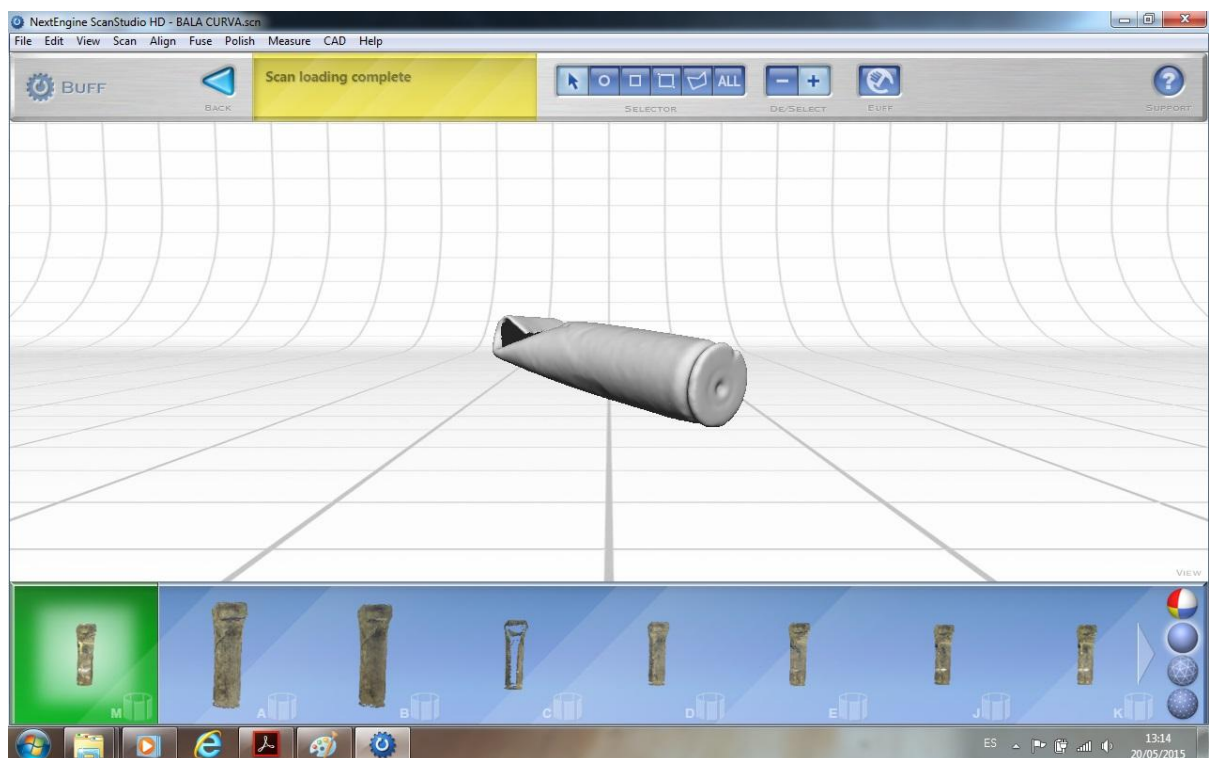


Ilustración 221 – Producto final del modelo

A continuación mostraremos varias posibilidades dentro de la pestaña CAD:

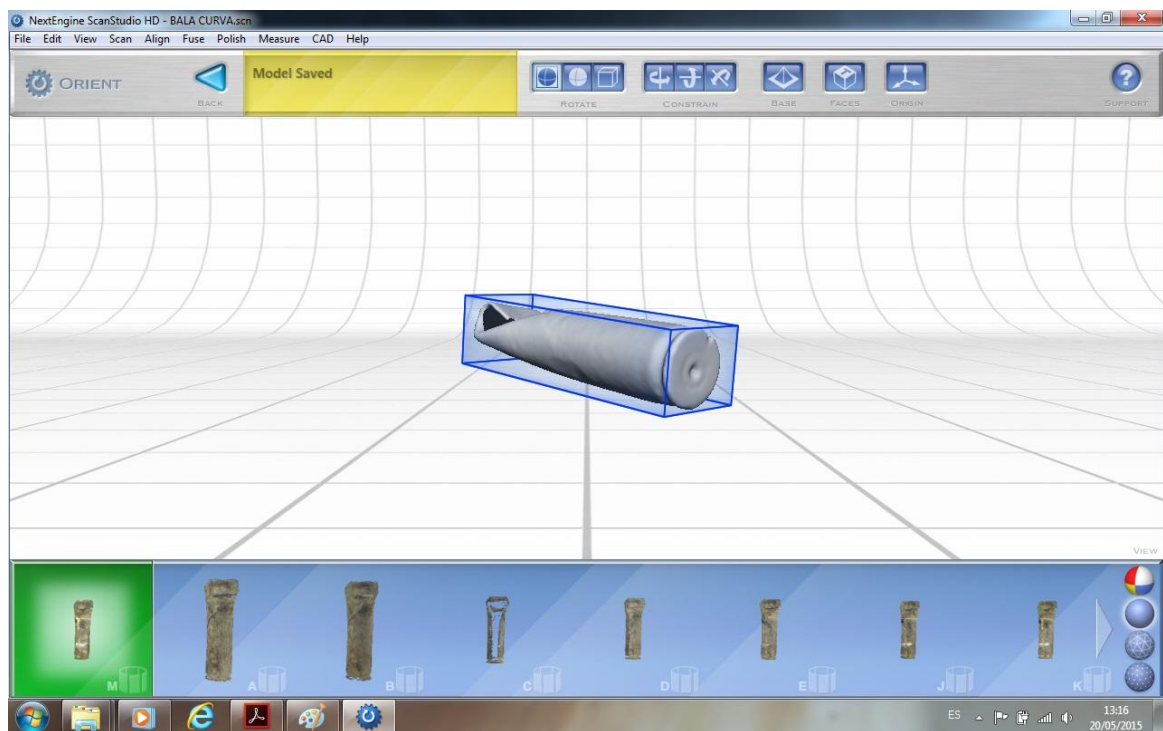


Ilustración 222 – Pestaña ROTATE 1

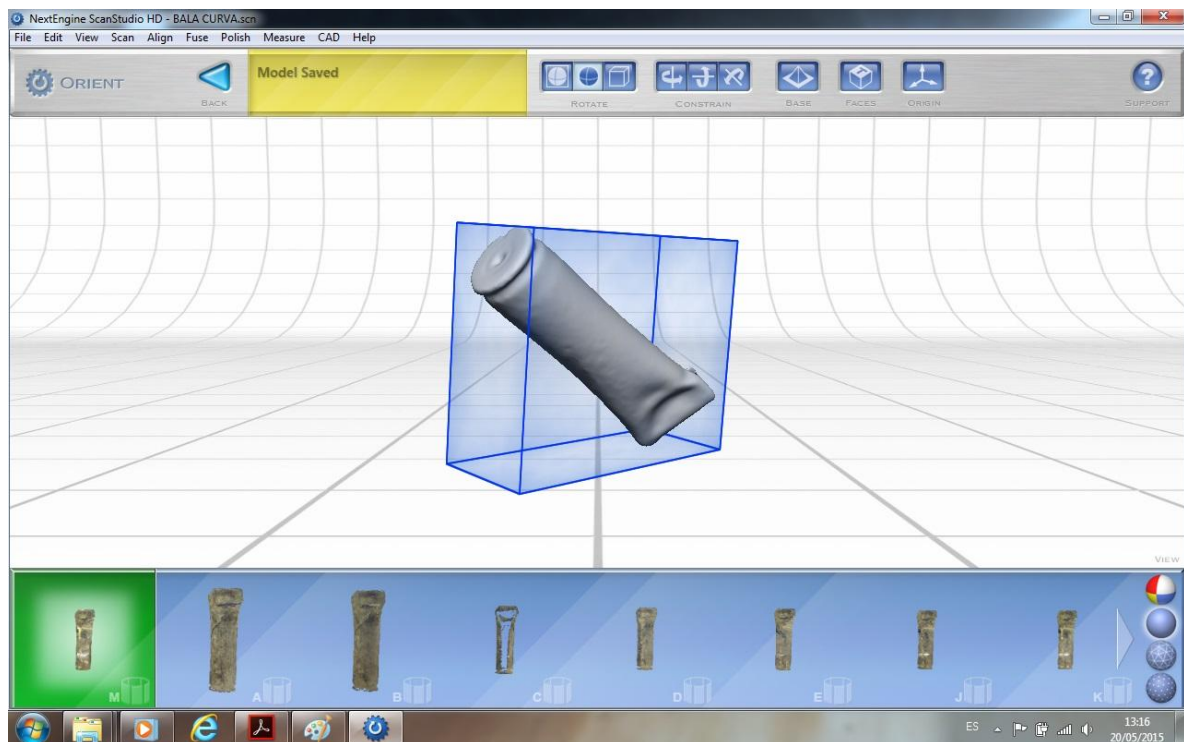


Ilustración 223 – Pestaña ROTATE 2



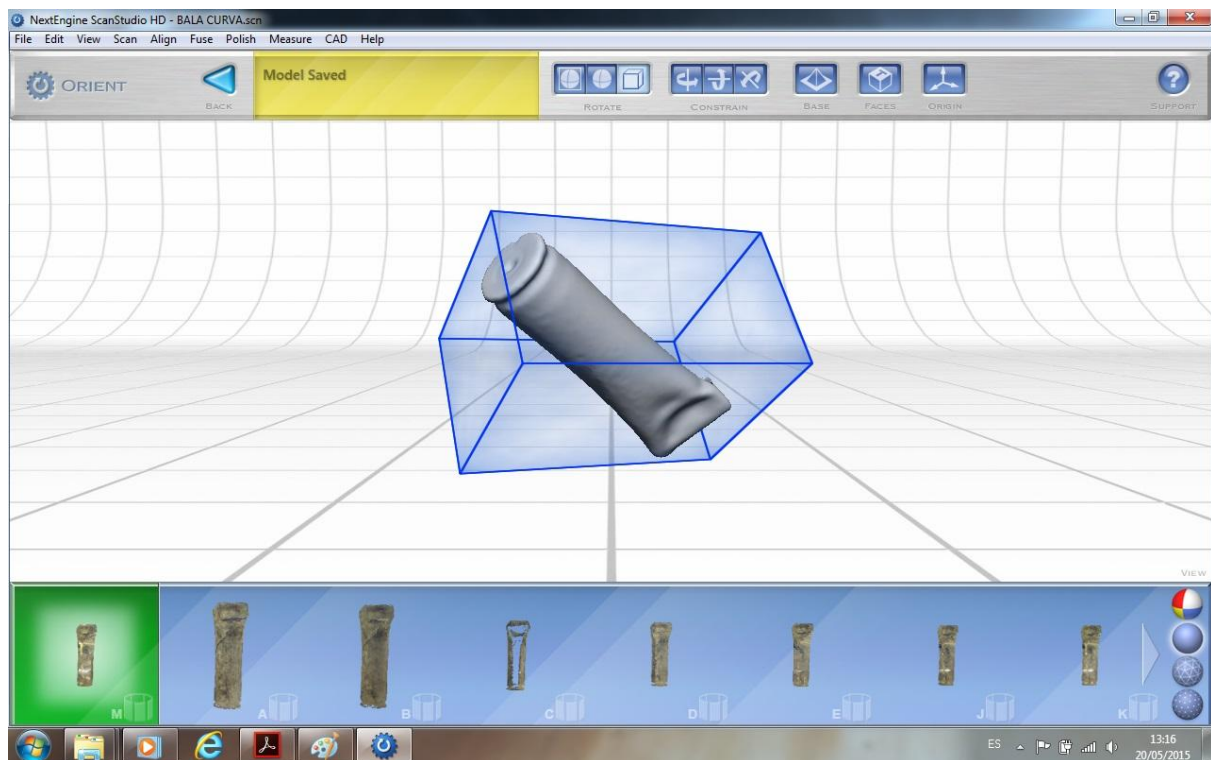


Ilustración 224 – Pestaña ROTATE 3

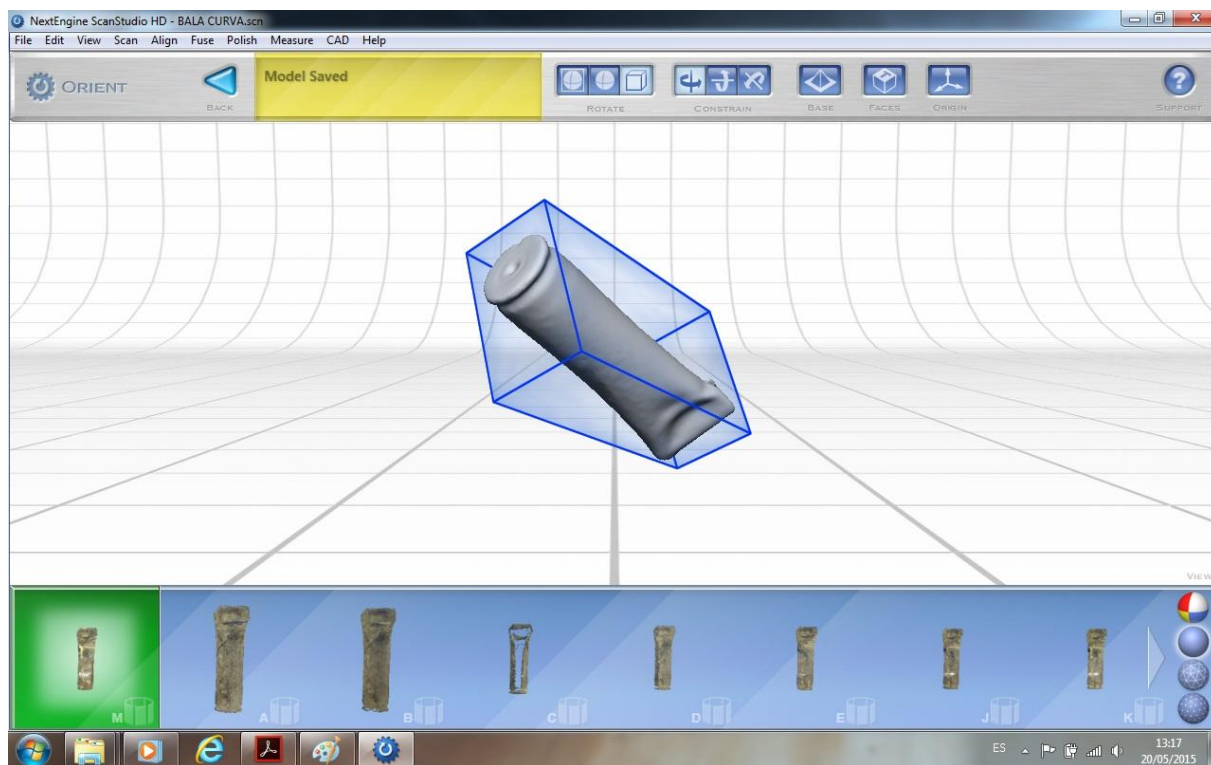


Ilustración 225 – Pestaña CONSTRAIN 1

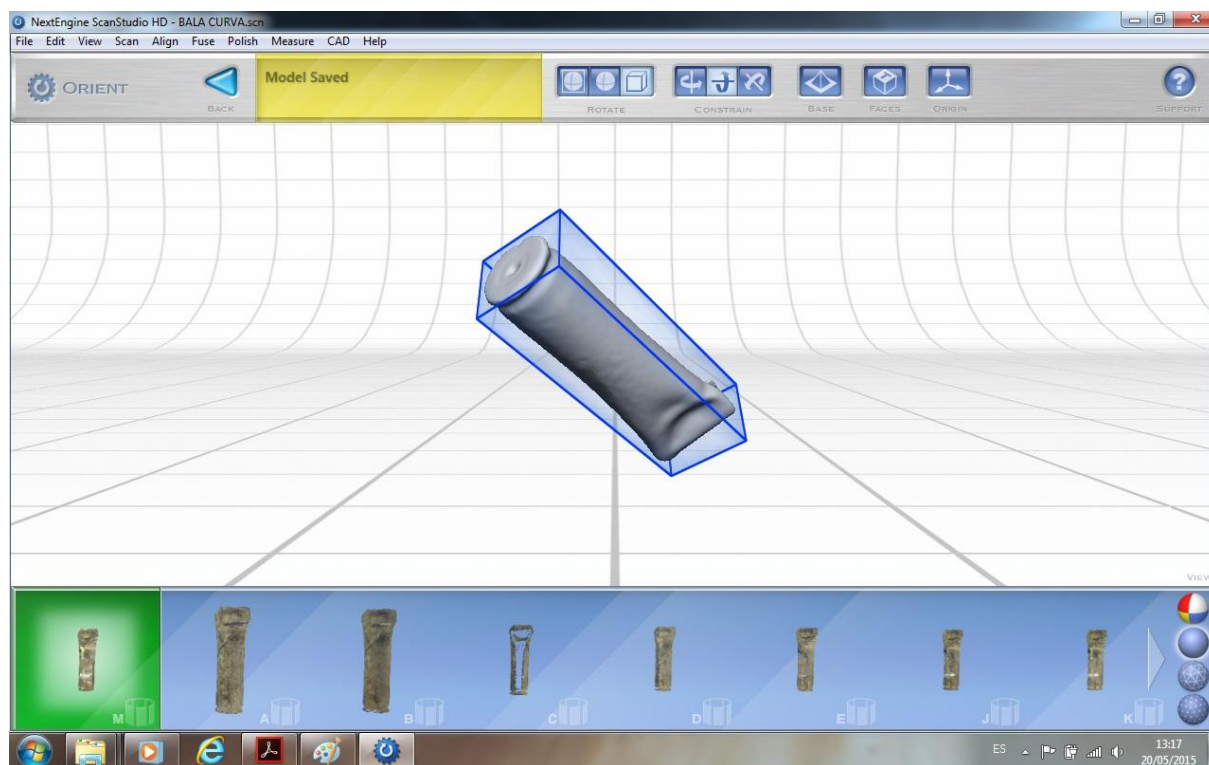


Ilustración 226 – Pestaña CONstrain 2

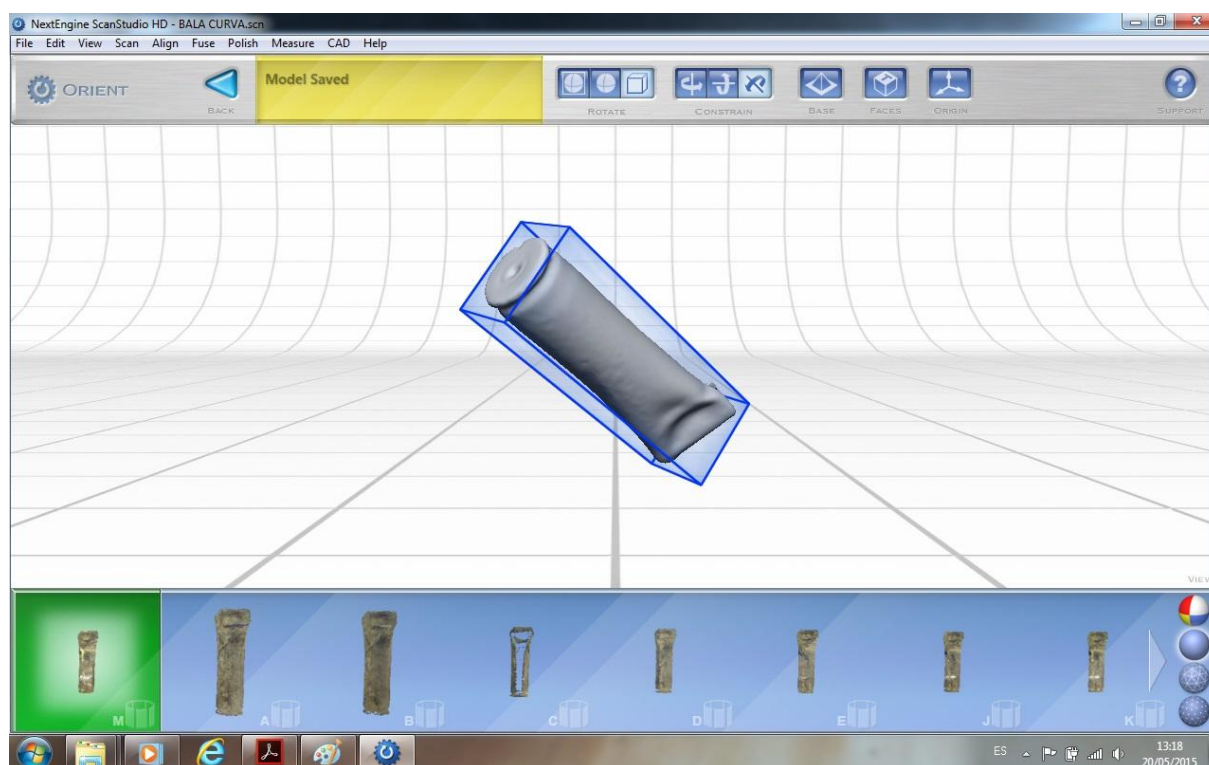


Ilustración 227 – Pestaña CONstrain 3

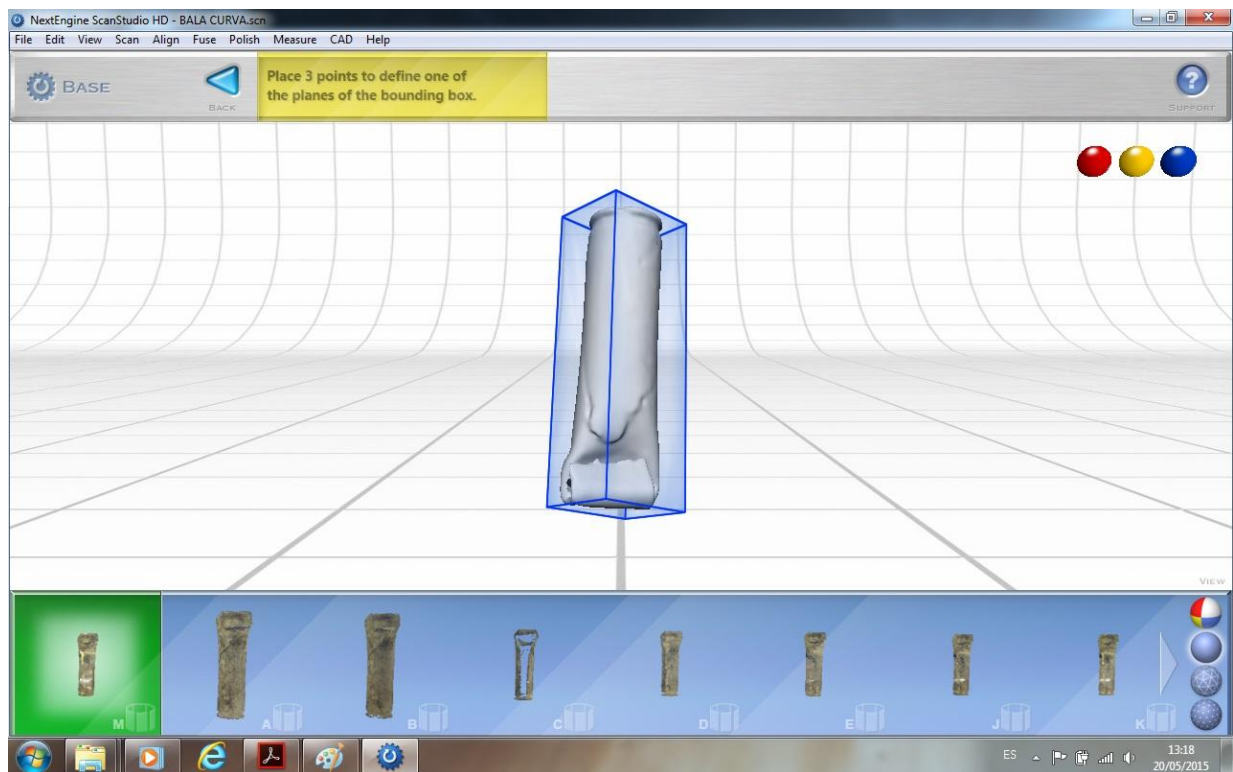


Ilustración 228 – Pestaña BASE

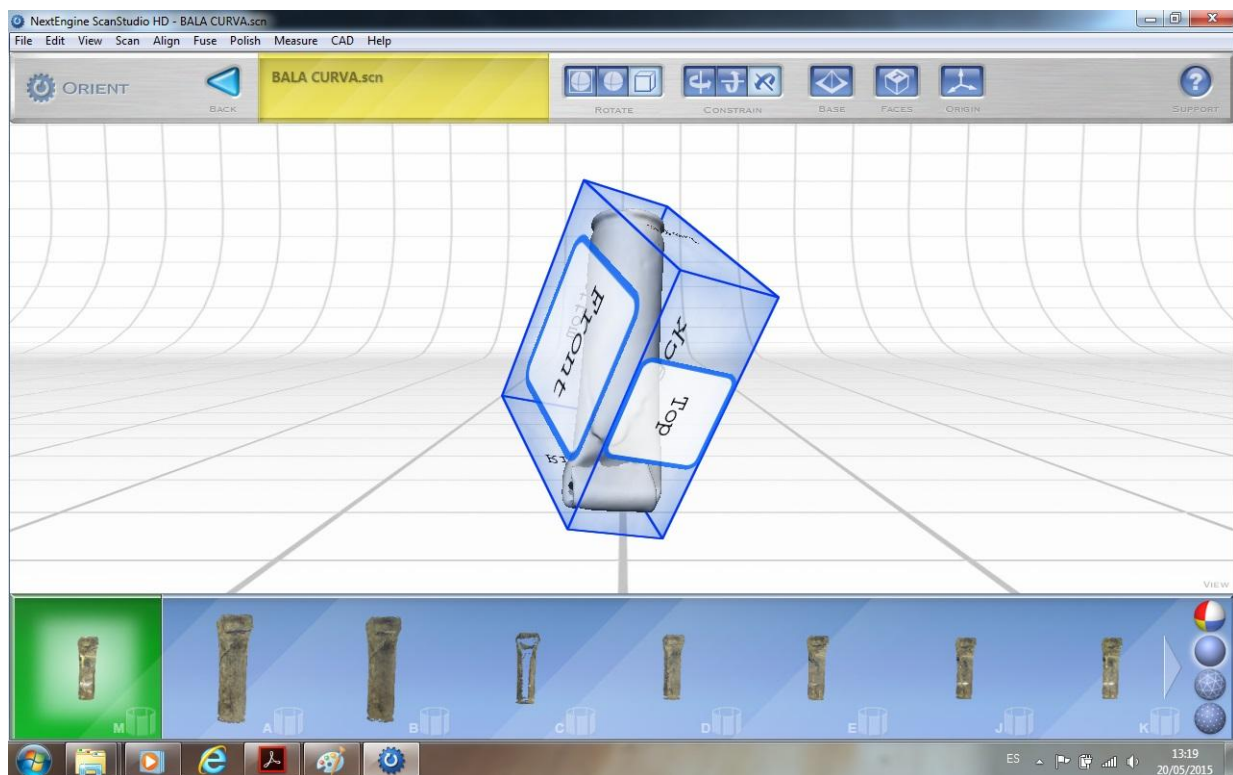


Ilustración 229 – Pestaña FACES



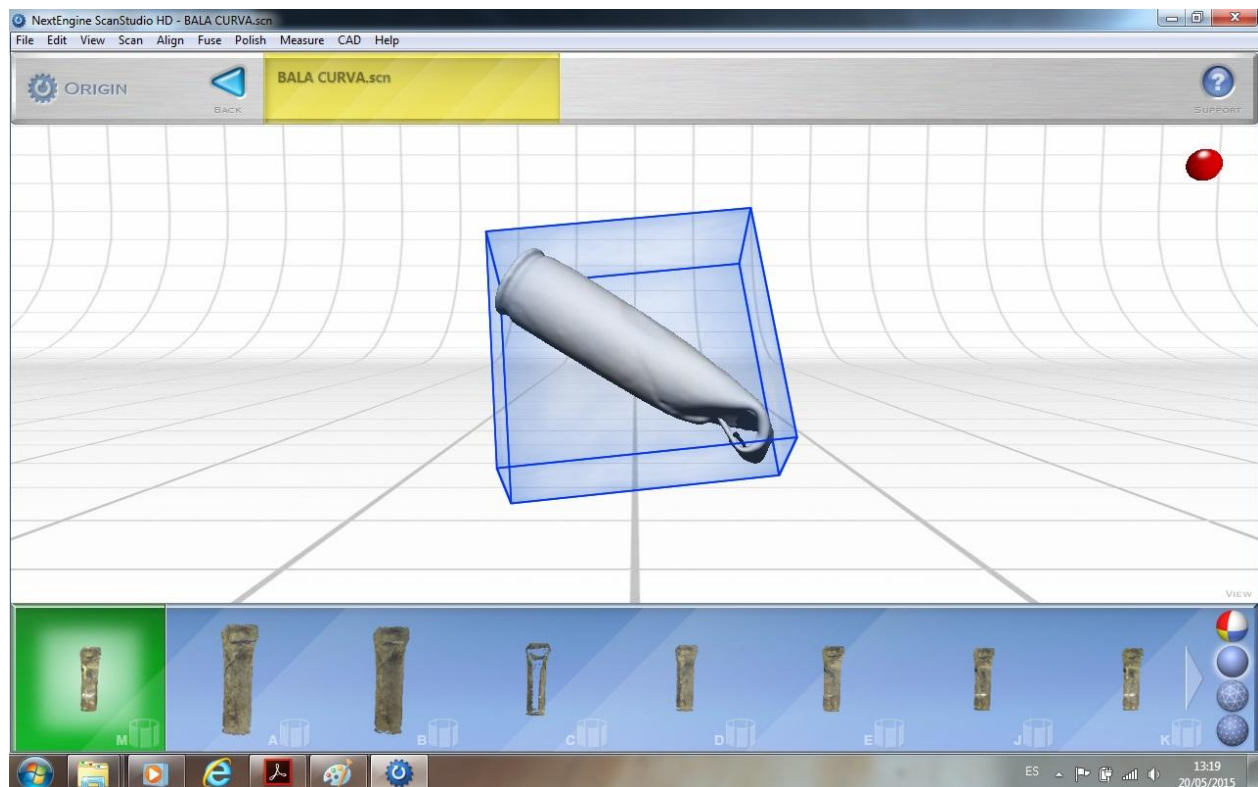


Ilustración 230 – Pestaña ORIGIN



Ilustración 231 – Utilizando la herramienta CLEAN DEFECTS



Ilustración 232 – Guardando el Modelo



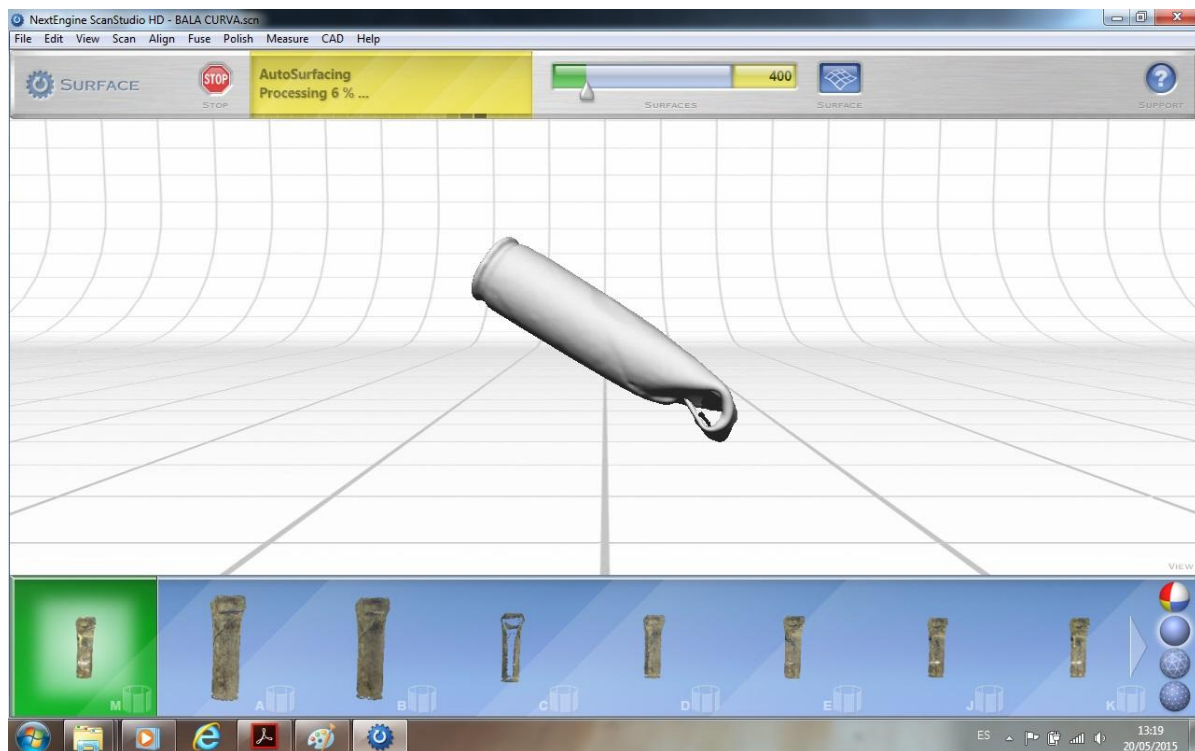


Ilustración 233 – Pestaña SURFACE

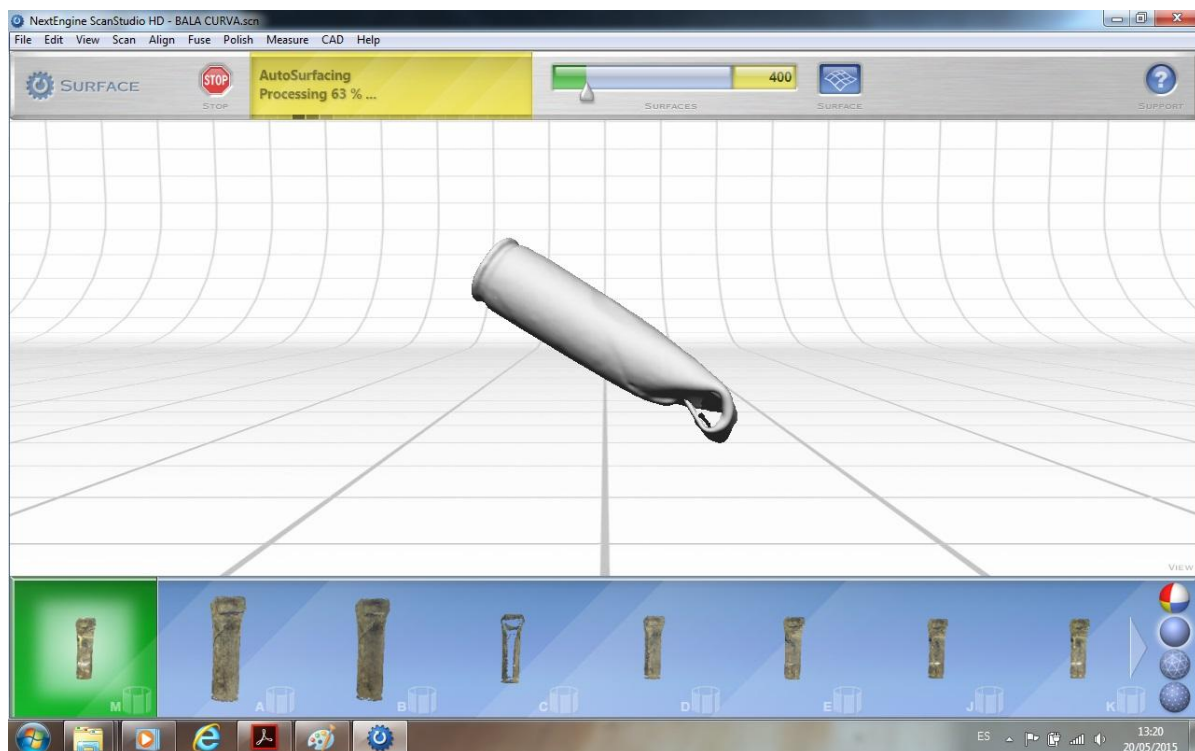


Ilustración 234 – Pestaña SURFACE procesando

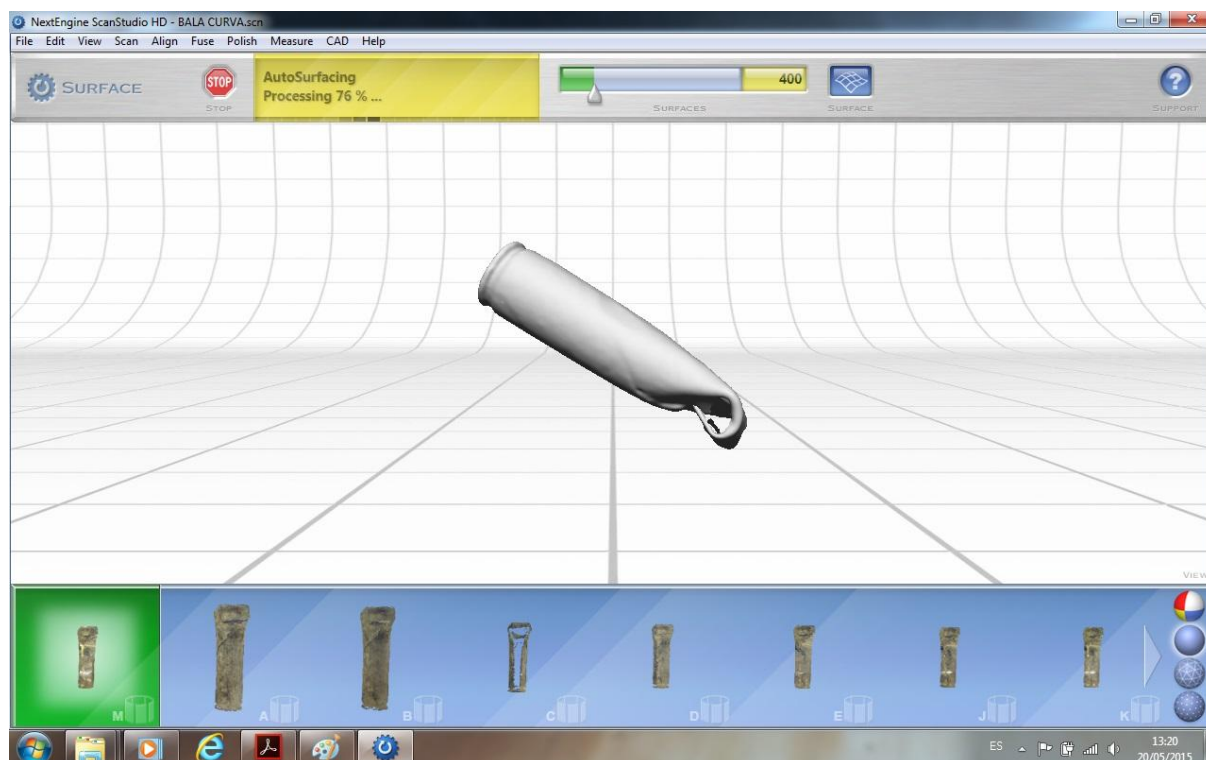


Ilustración 235 – Proceso SURFACE finalizando

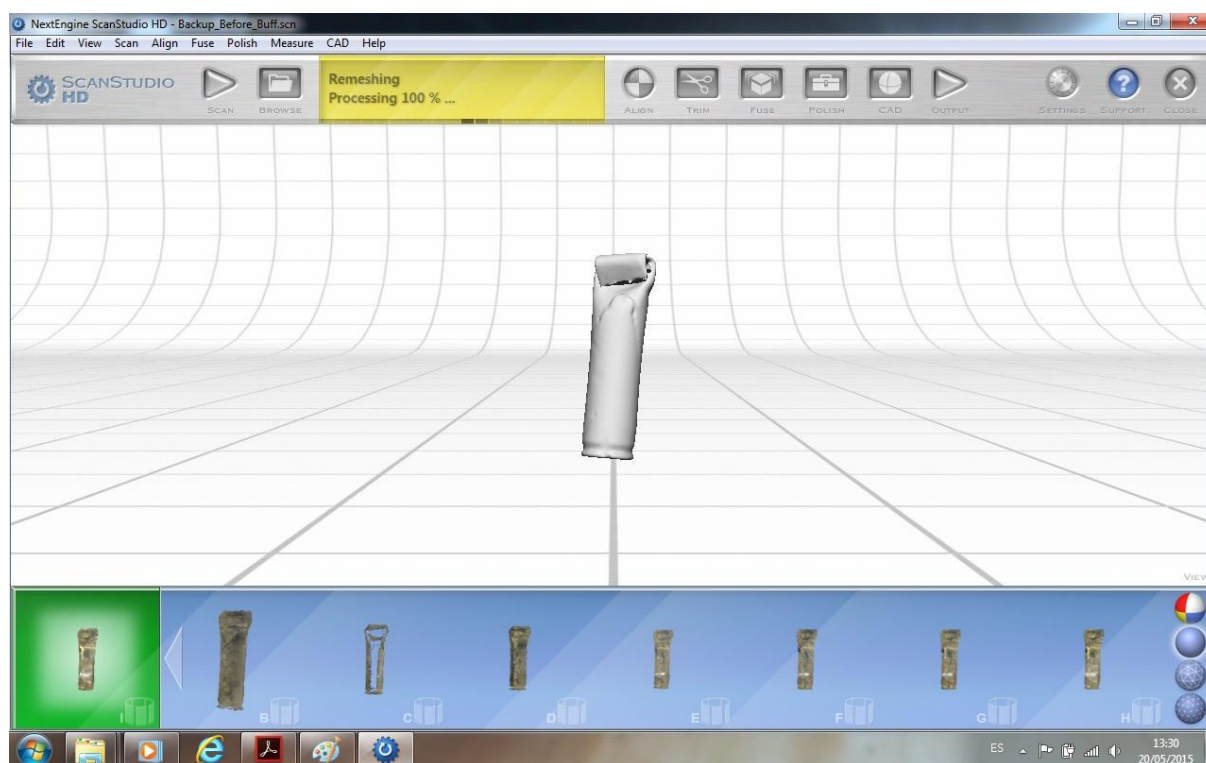


Ilustración 236 – Proceso REMESH

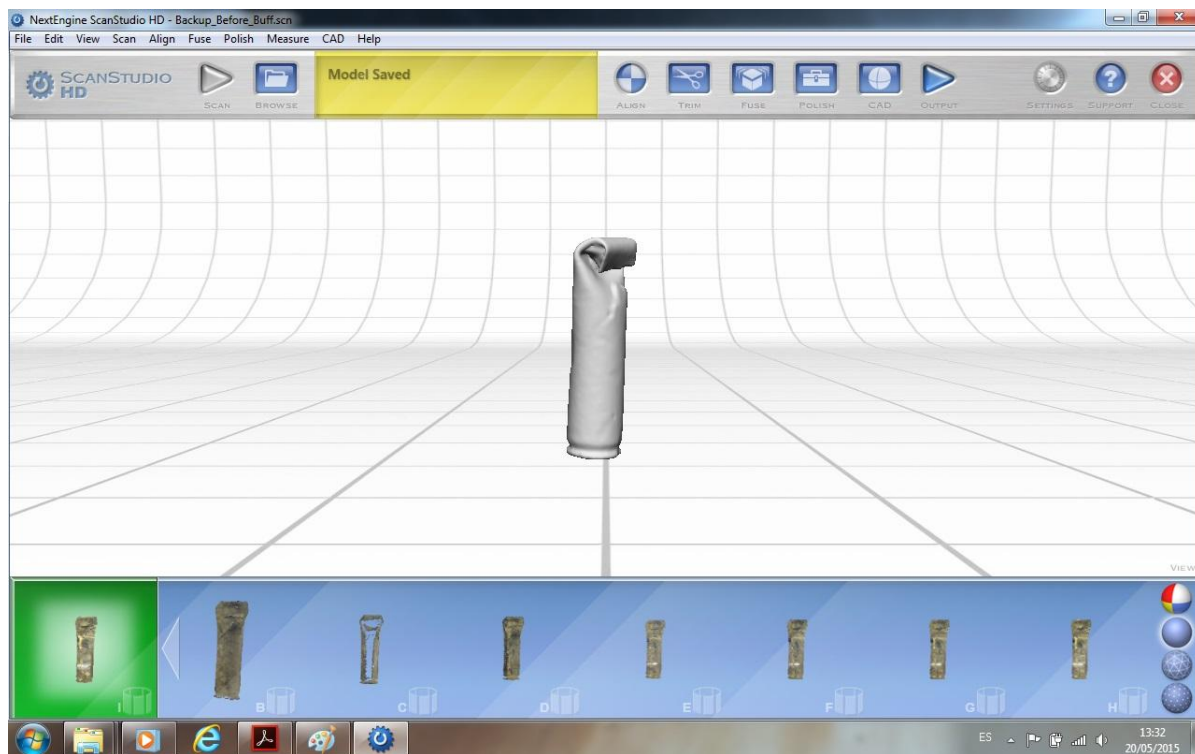


Ilustración 237 – Modelo Guardado 1

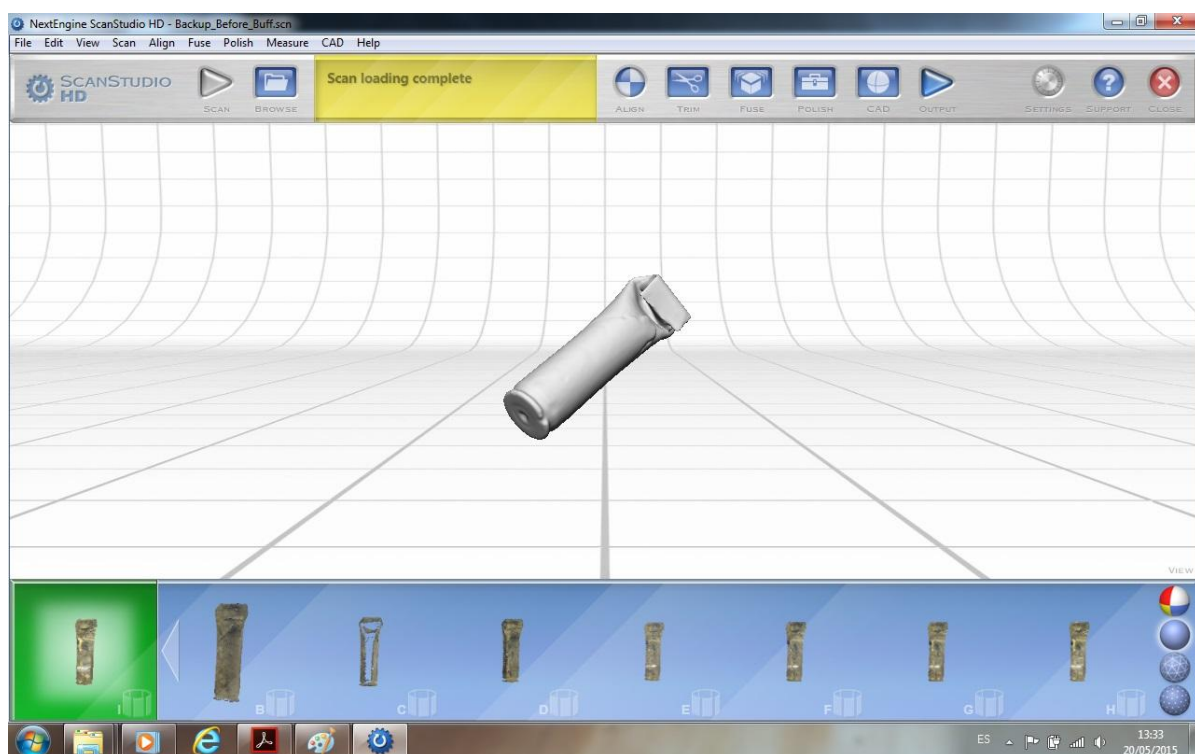


Ilustración 238 – Modelo Guardado 2

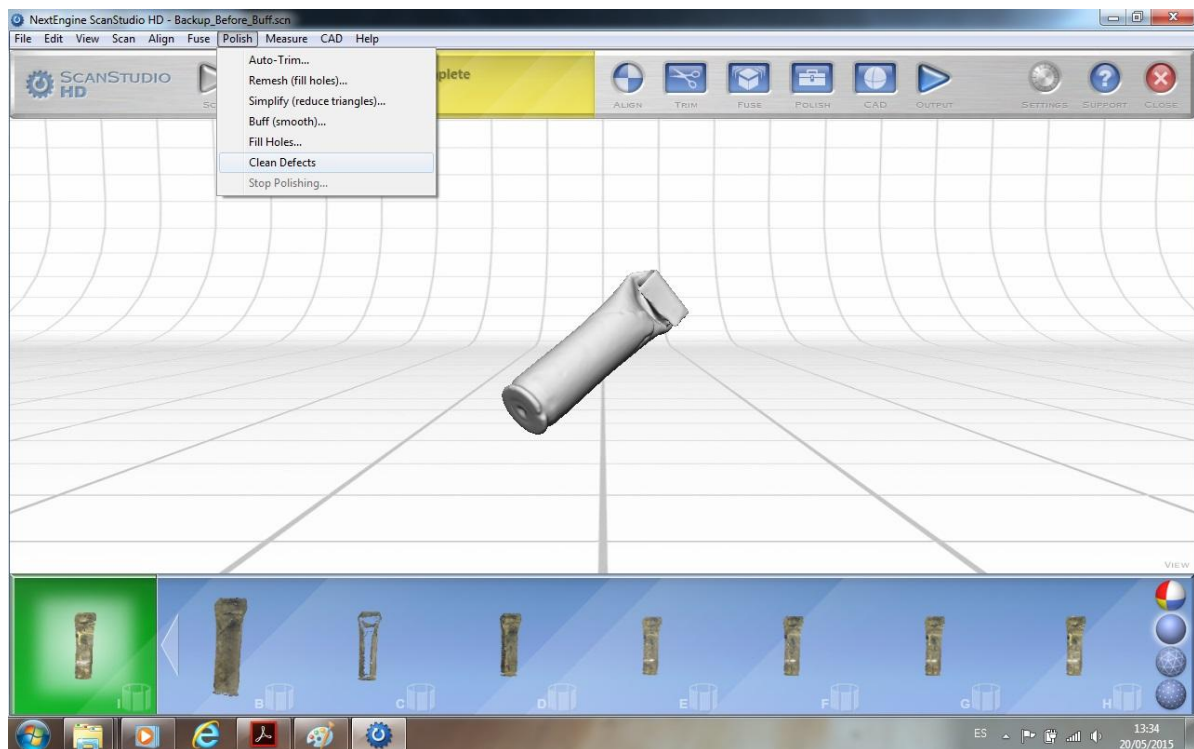


Ilustración 239 – Pestaña POLISH – CLEAN DEFECTS

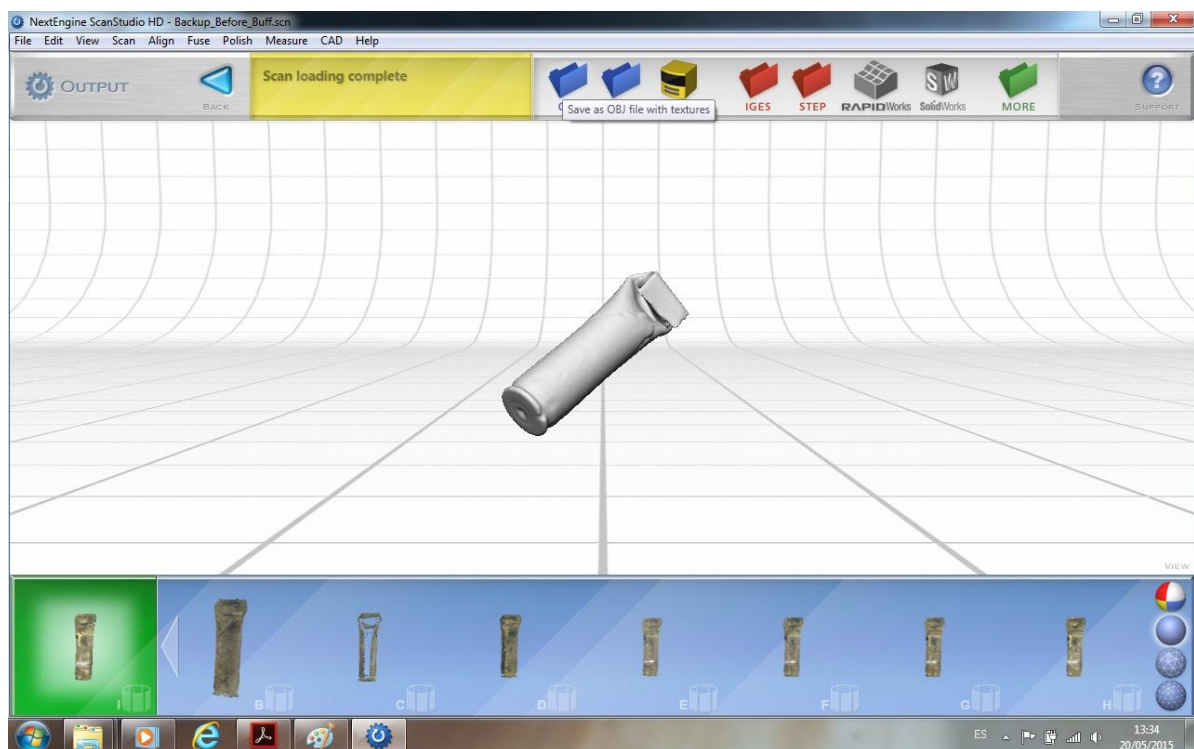


Ilustración 240 – Pestañas de guardado y exportación



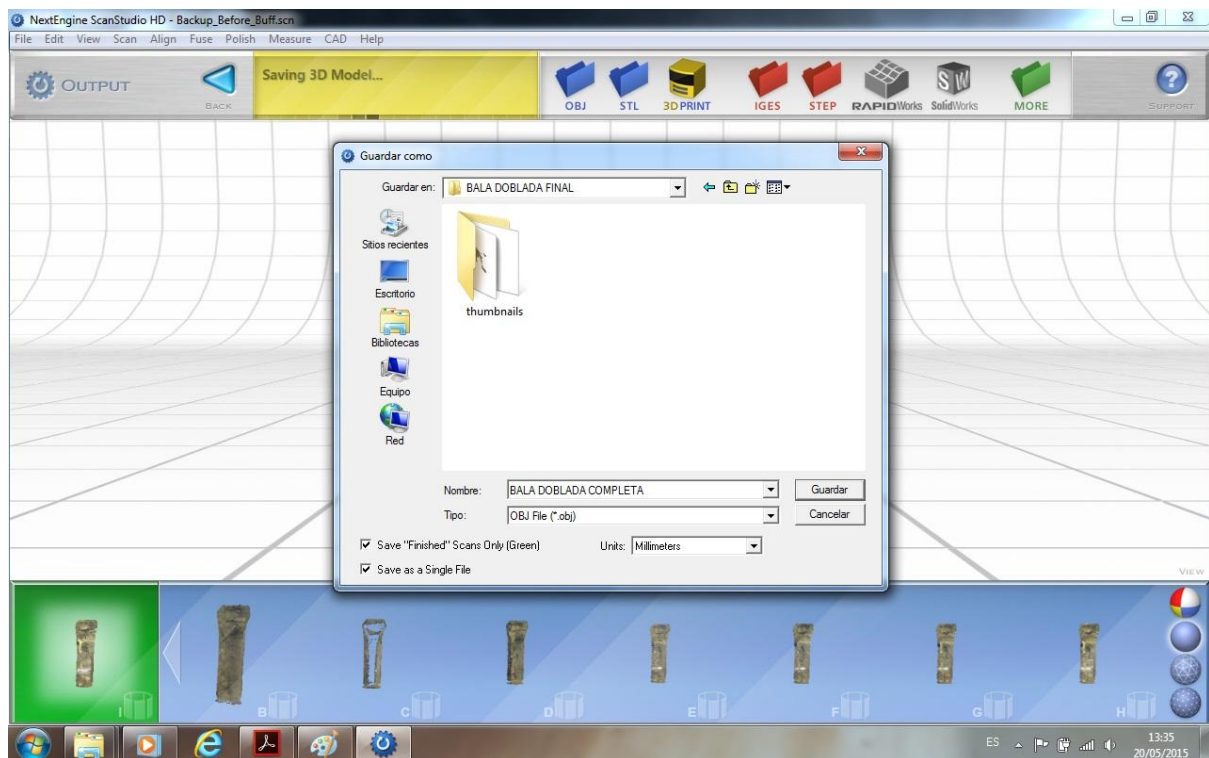


Ilustración 241 – Guardado del archivo

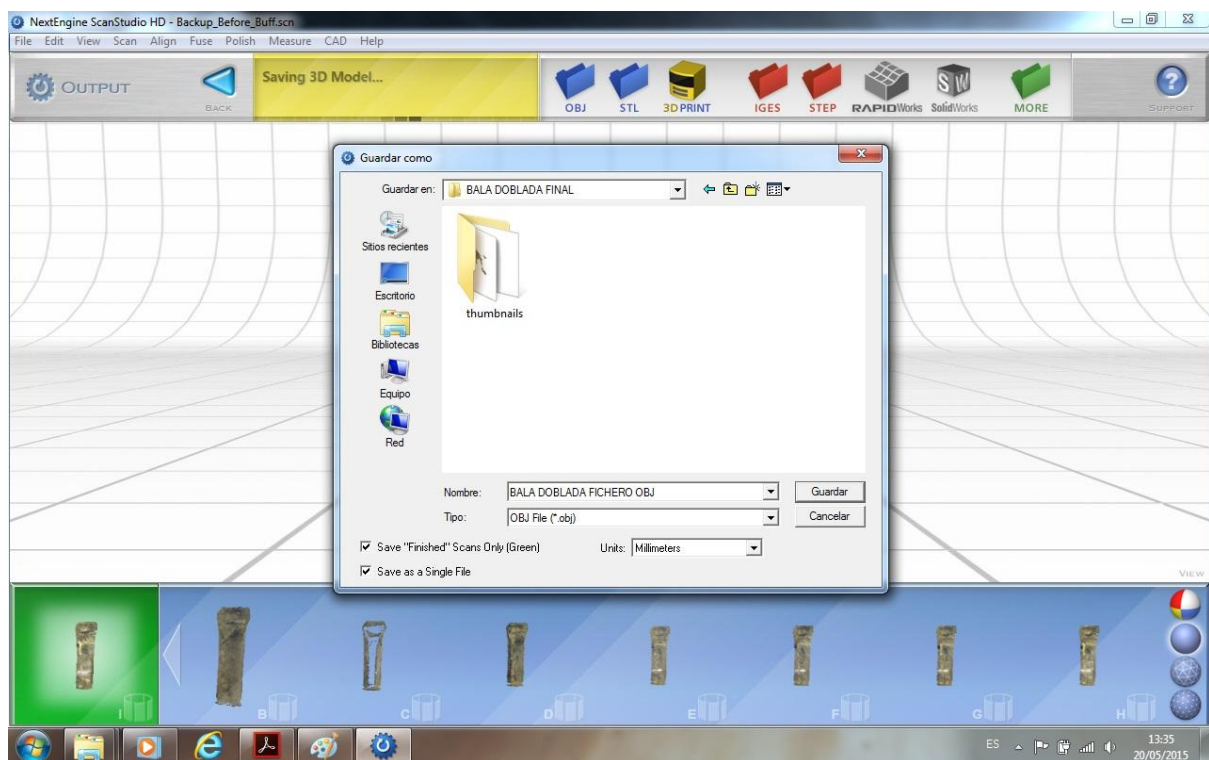


Ilustración 242 – Nombre final BALA DOBLADA FICHERO OBJ

## 8. RESULTADOS

### 8.1. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA PARDA GRANDE

A continuación se pueden ver las diferentes vistas de un mismo modelo. Las vistas son del modelo obtenido de la Vaina de Bala Parda Grande mediante el programa ScanStudio HD. Aparecen diversas imágenes como modelo real, modelo sólido en color blanco, modelo de mallas y el modelo de puntos.

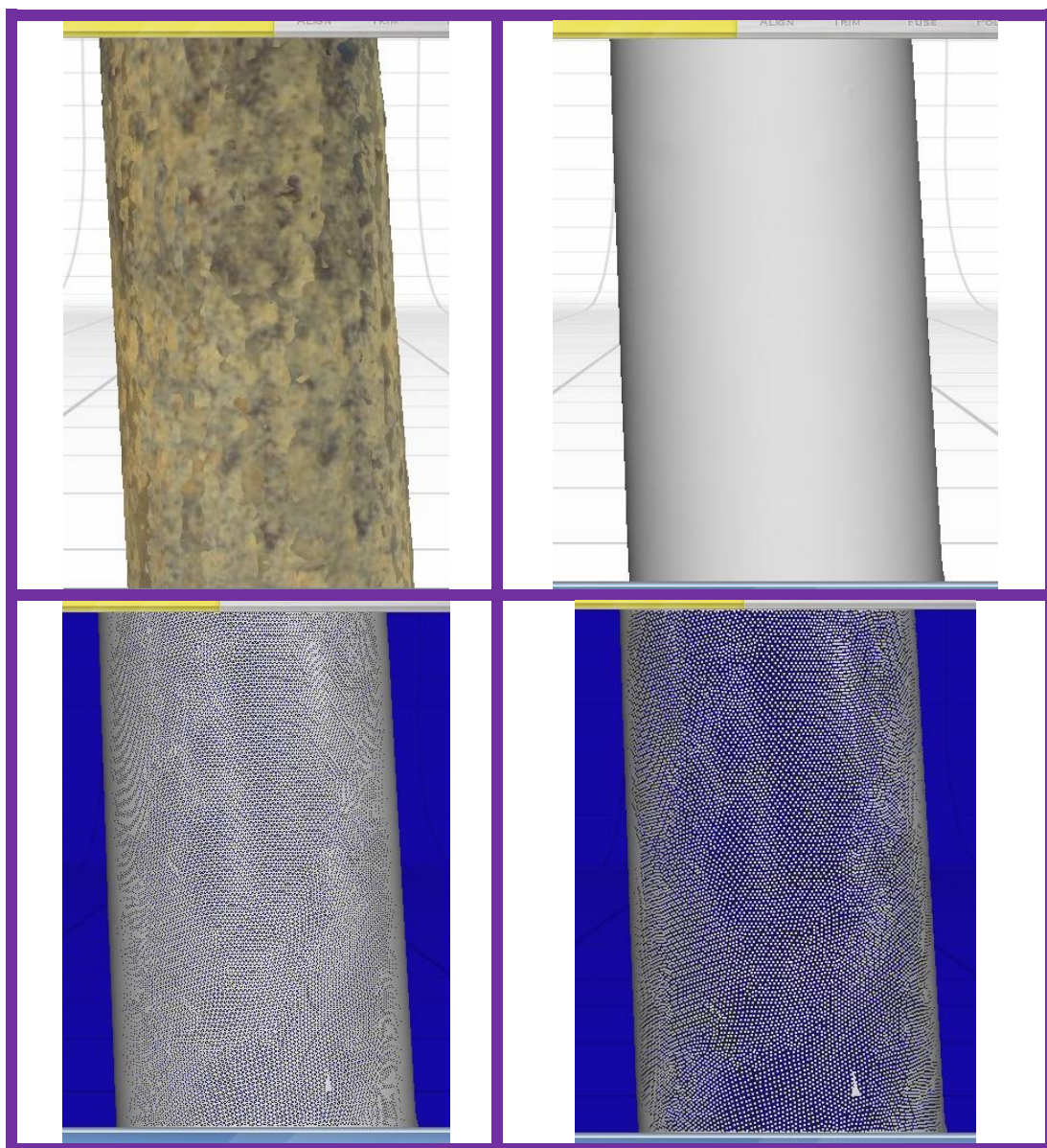


Ilustración 243 – Vistas del modelo final de la Vaina de Bala Parda Grande



## 8.2. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA OXIDADA

A continuación podemos ver las cuatro vistas diferentes que se obtienen de un mismo modelo mediante el programa ScanStudio HD. En la primera imagen se ve el modelo real, tal cual es con el oxido que compone la Vaina de Bala Oxidada. En la segunda imagen se observa el modelo sólido en color blanco que se centra básicamente en la morfología de la vaina. En la tercera imagen se ve la el modelo de la Vaina de Bala Oxidada mediante una malla de puntos. En último lugar se observa en la cuarta imagen el modelo de la misma vaina pero únicamente determinado por un conjunto de puntos.

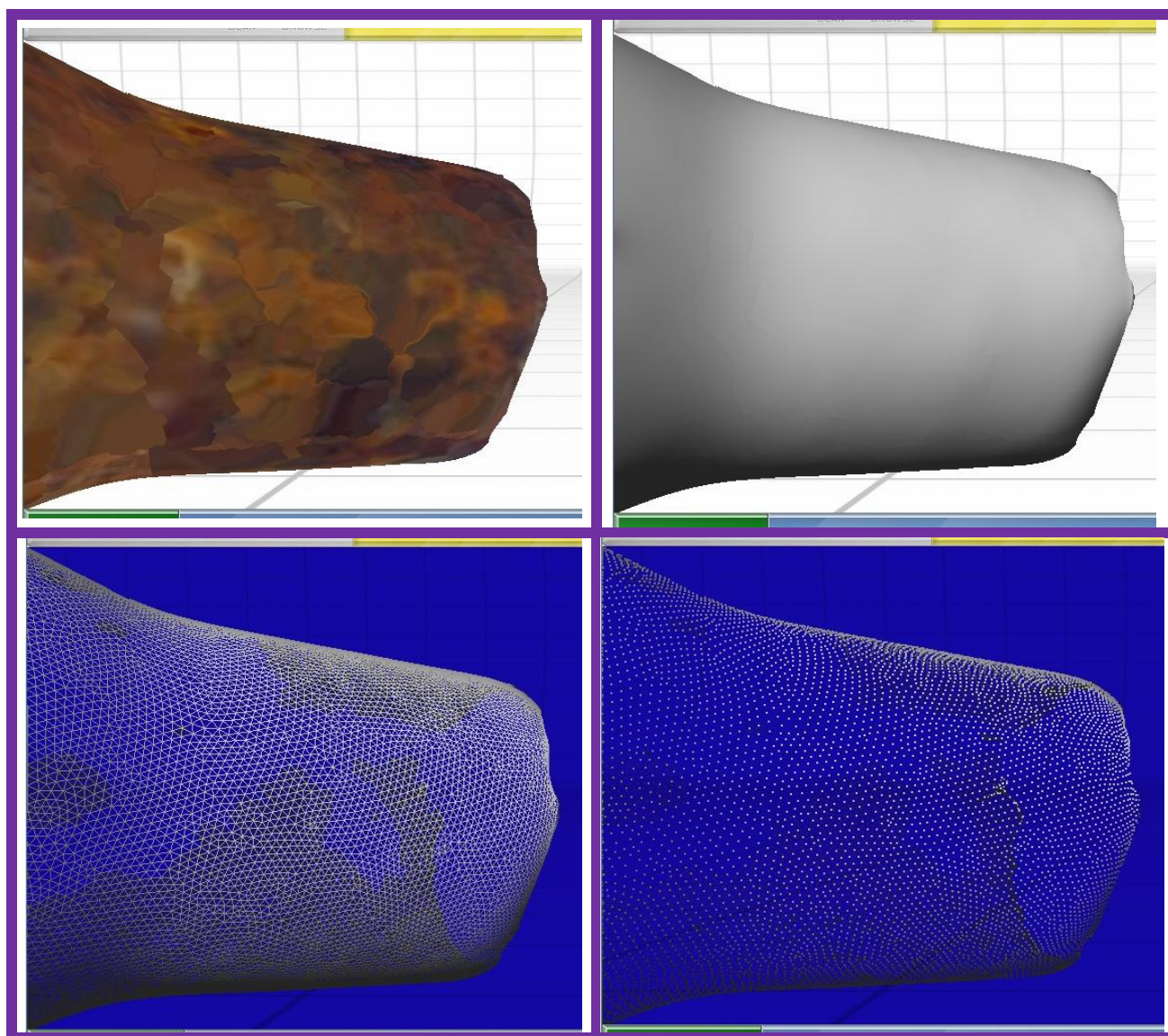


Ilustración 244 – Vistas del modelo final de la Vaina de Bala Oxidada

### 8.3. RESULTADOS DE LA VAINA DE BALA CURVA

A continuación podemos ver las cuatro vistas diferentes que se obtienen de un mismo modelo mediante el programa ScanStudio HD. En la primera imagen se ve el modelo real de la Vaina de Bala Curva, tal y como se ve en la realidad. En la segunda imagen se observa el modelo sólido en color blanco que se centra básicamente en la morfología de la vaina. En la tercera imagen se ve la el modelo de la Vaina de Bala Oxidada mediante una malla de puntos. En último lugar se observa en la cuarta imagen el modelo de la misma vaina pero únicamente determinado por un conjunto de puntos.

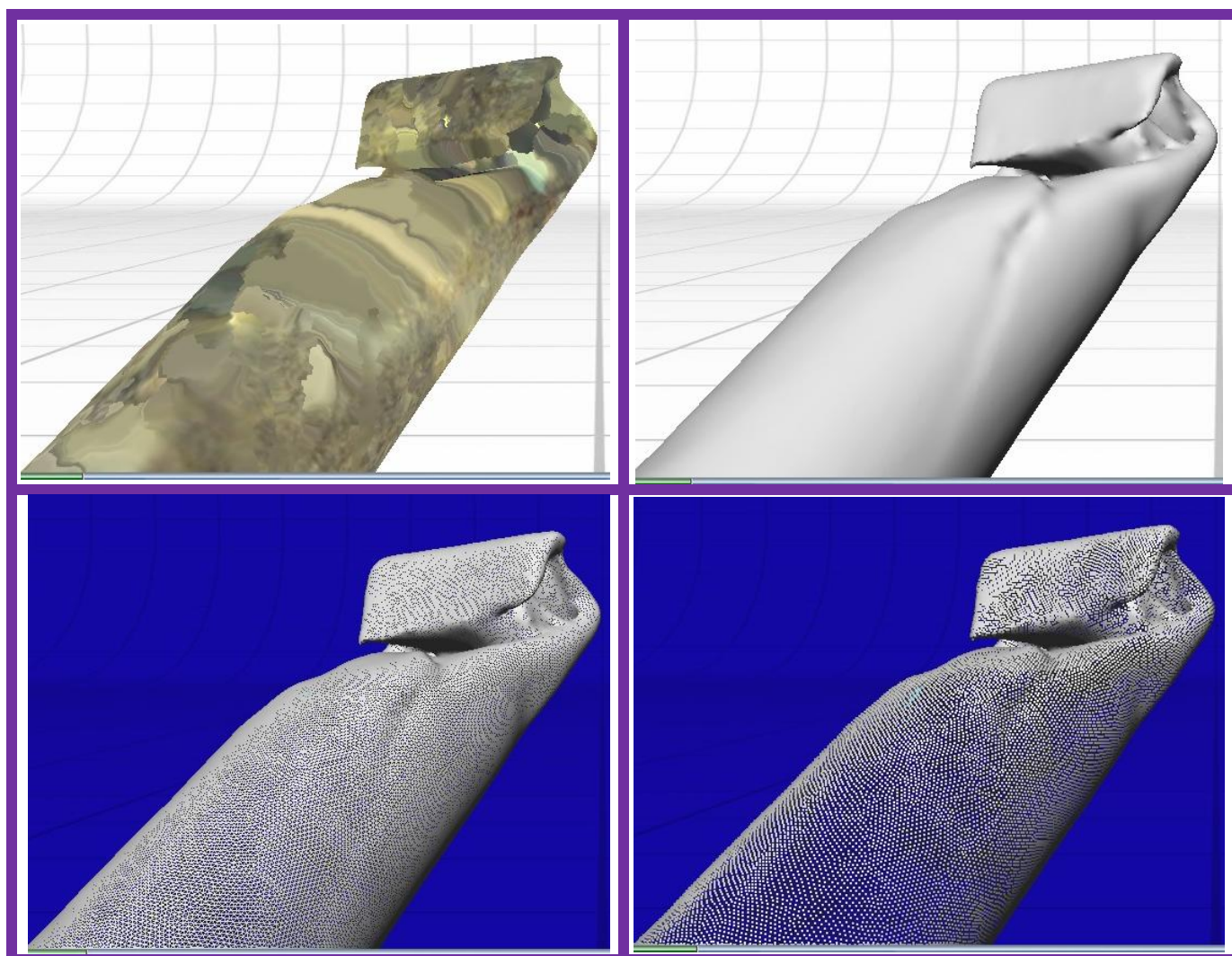


Ilustración 245 – Vistas del modelo final de la Vaina de Bala Curva



## 9. ANALISIS MÉTRICO

### 9.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN MÉTRICA SOBRE LOS MODELOS DIGITALES

#### PROGRAMA MINIMAGICS

A partir de los modelos tridimensionales de escaneado de piezas se pueden obtener valores métricos con gran exactitud. Una de las aportaciones más relevantes de esta metodología es la toma de datos desde perspectivas o puntos de difícil acceso físico. Otra ventaja de ésta metodología digital, es la posibilidad de trabajar con modelos virtuales equiparables a los reales, pero sin el riesgo de manipular físicamente las piezas.

En este proyecto, para obtener datos métricos se exportó el modelo tridimensional en formato STL (\*.stl) desde el programa NextEngine ScanStudio HD y se importó al programa MiniMagics, software dotado con diversas herramientas de medida.

#### 9.1.1. Presentación del programa Minimagic

Minimagic es un software de visor de archivos STL que permite importar, guardar y comprimir archivos STL (\*.stl), .magic y MHX. Cuando se carga un archivo en el programa, éste permite realizar anotaciones y mediciones sobre el modelo importado, así como ver, detectar y visualizar bordes incorrectos y triángulos girados.

Otra de las funciones que permite Minimagic es la creación de secciones de los modelos. Estas secciones se pueden mover y presentar, a gusto del usuario, en la interfaz del programa deslizando una pestaña que recorre el eje en el que se presentan las secciones. Las secciones se pueden estudiar en cualquiera de los tres ejes (x, y, z).

#### 9.1.2. Cálculo de información métrica de la pieza

Con el programa MiniMagics se procede a acotar la pieza, hallar sus secciones y verificar que la triangulación de la malla de puntos es correcta. Para ello el programa cuenta con la herramienta ANALYZE, que efectúa una revisión completa de la malla de triángulos.

Como se aprecia en la siguiente ilustración, la triangulación del modelo no presenta errores ("The part is free of errors"), y la malla presenta una estructura homogénea. Esta herramienta es la que nos asegura que nuestro modelo está compuesto correctamente y carece de errores u oquedades en su morfología.

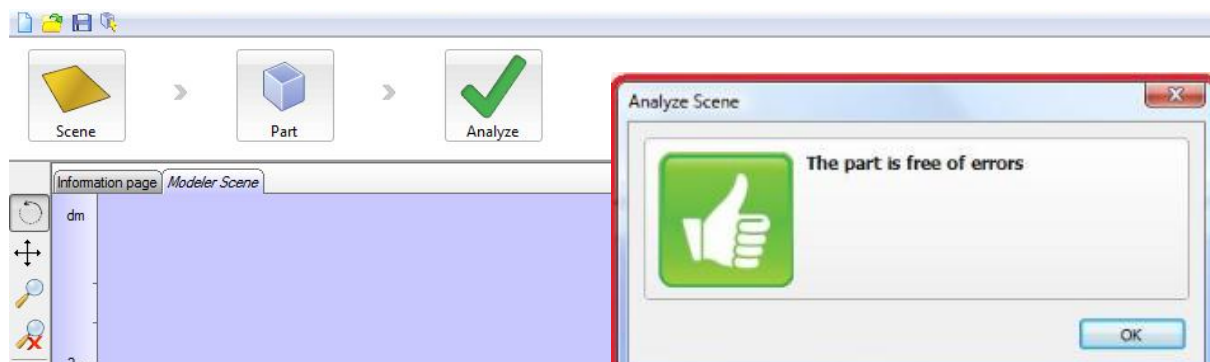


Ilustración 246 – Herramienta ANALYZE

En la siguiente imagen se puede observar el centro del área inferior, el lugar donde se pica la Vaina de Bala y se puede comprobar que la triangulación está completa y realizada correctamente.

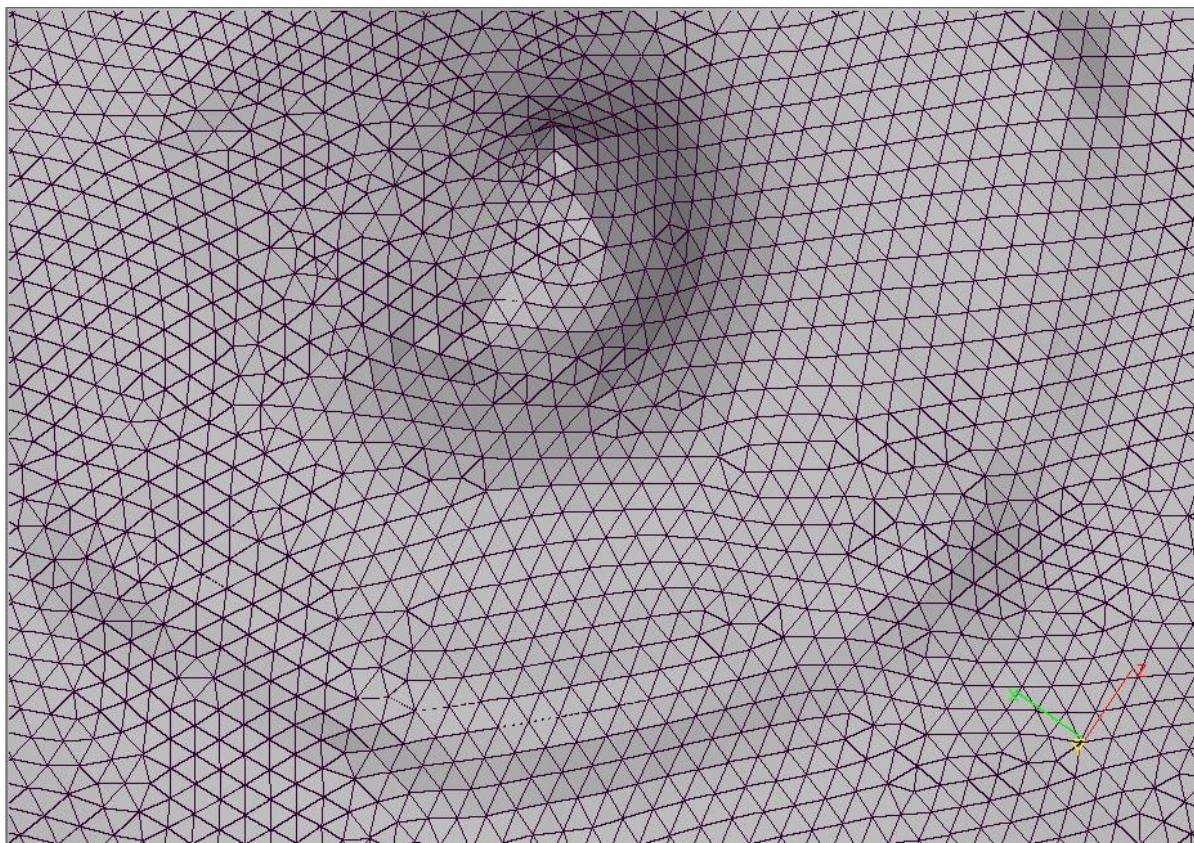


Ilustración 247 – Malla de triángulos

## 9.2. VAINA DE BALA PARDA GRANDE CON MINIMAGICS

Con el programa MiniMagics se realizan acotaciones de las piezas, siendo la unidad de medida el milímetro.

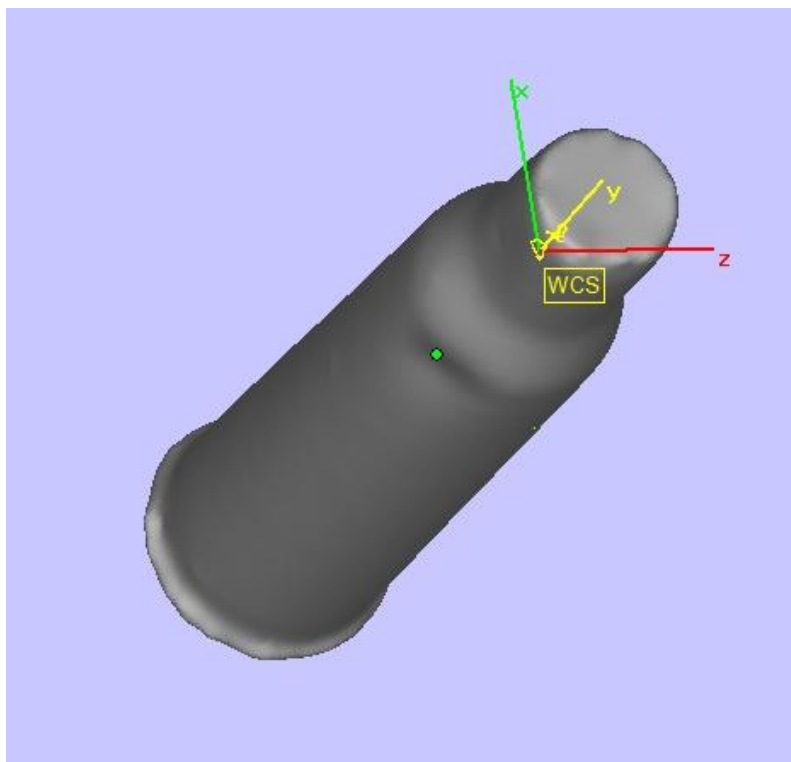


Ilustración 248 – Vaina de Bala Parda Grande

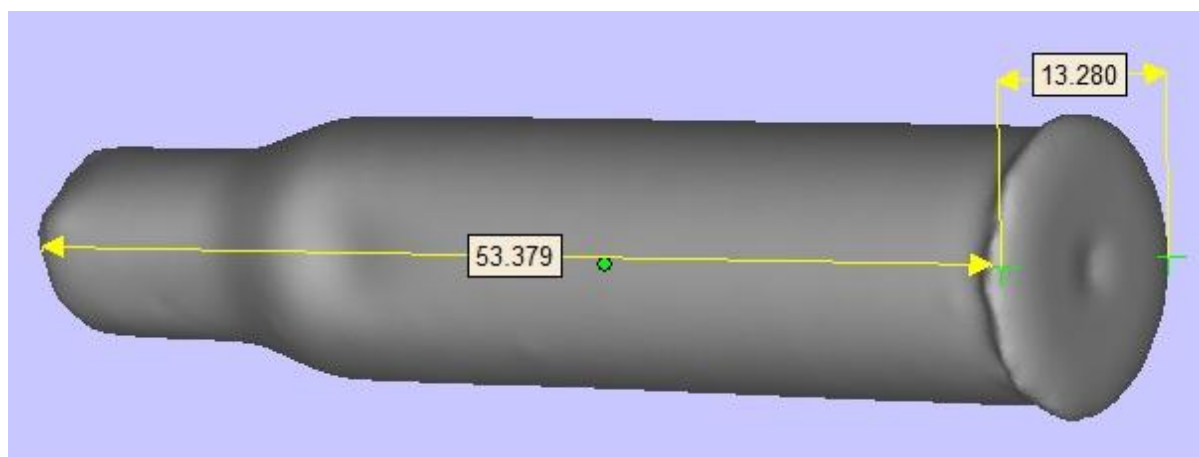


Ilustración 249 – Acotación de la Vaina de Bala Parda Grande

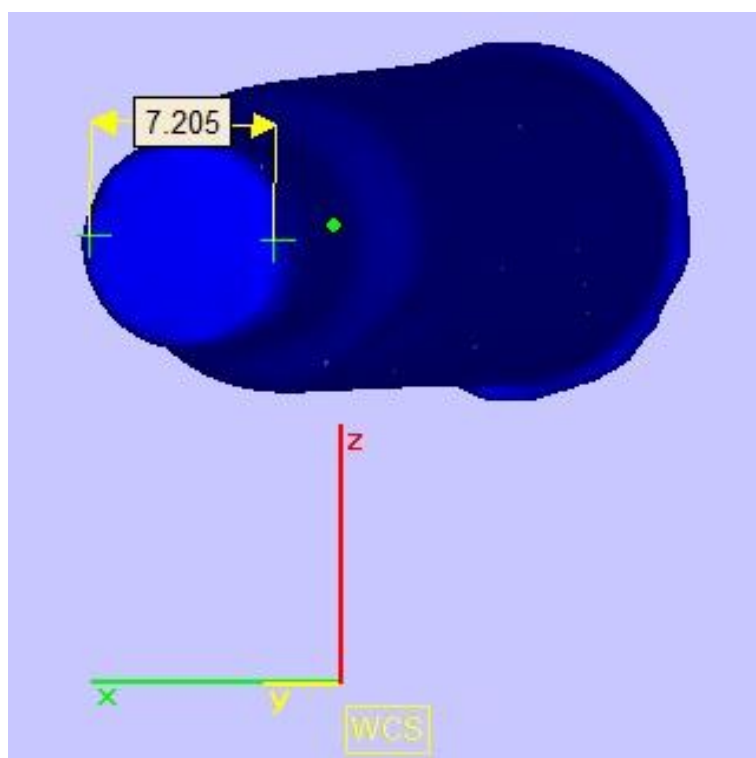


Ilustración 250 – Acotación de la cabeza de la vaina



Ilustración 251 – Acotación de la Vaina de Bala Parda Grande en Ascii



### 9.3. VAINA DE BALA OXIDADA CON MINIMAGICS

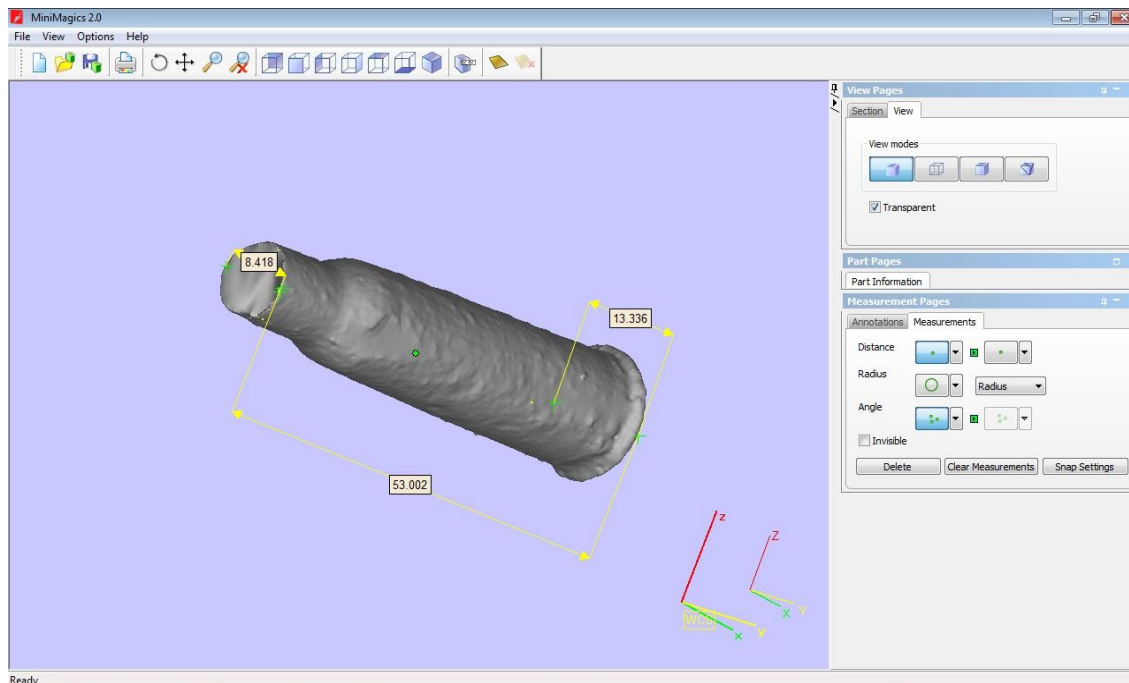


Ilustración 252 – Vaina de Bala Oxidada



Ilustración 253 – Vaina de Bala Oxidada con MiniMagics

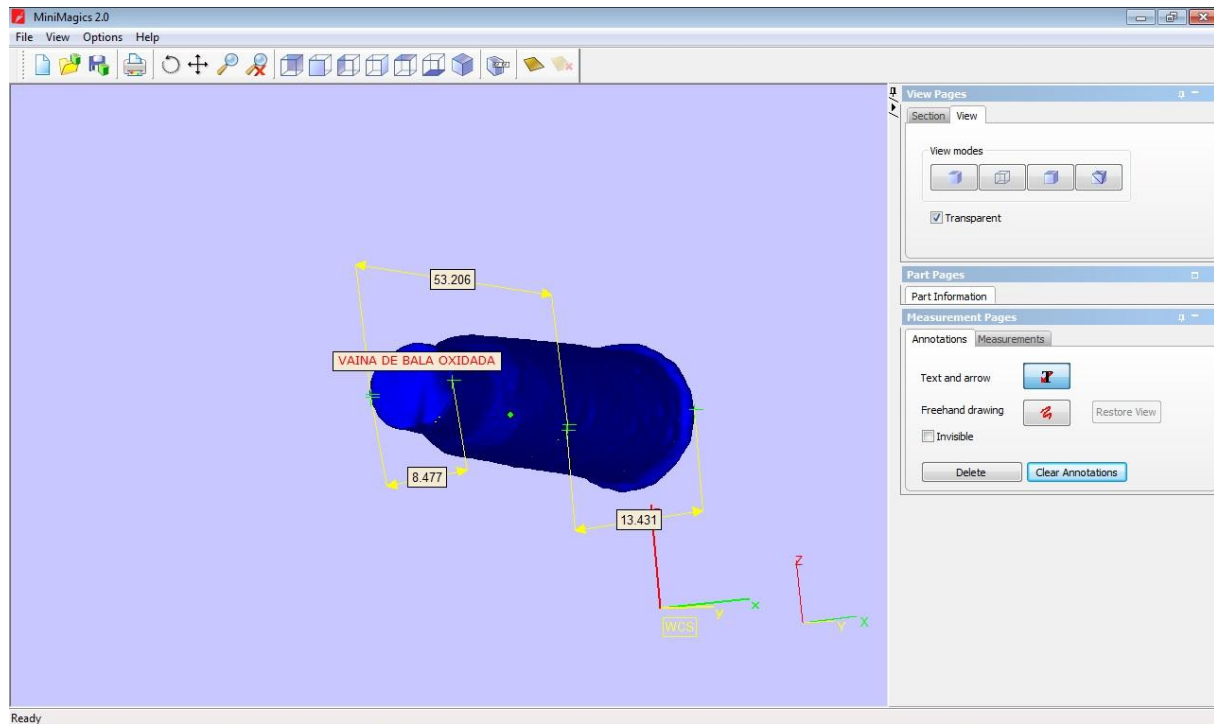


Ilustración 254 – Acotación de la Vaina de Bala Oxidada

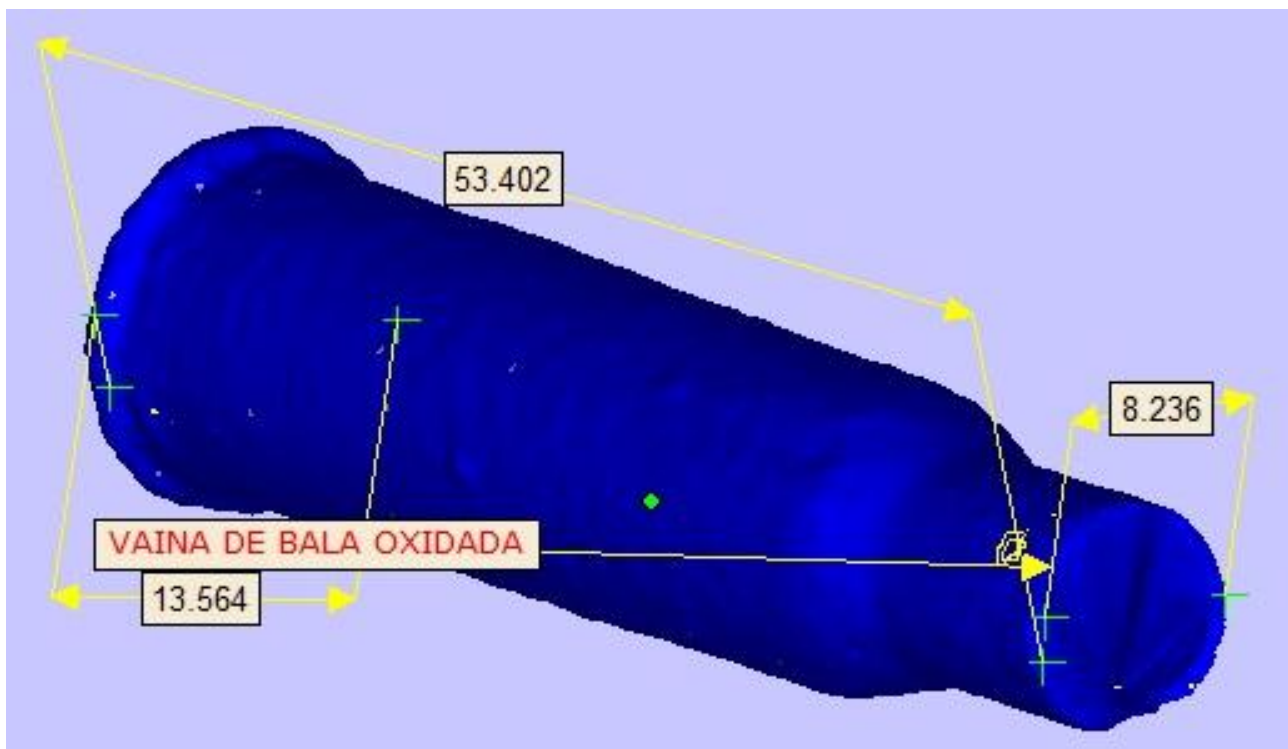


Ilustración 255 – Vaina de Bala Oxidada en Ascii

#### 9.4. VAINA DE BALA CURVA CON MINIMAGICS

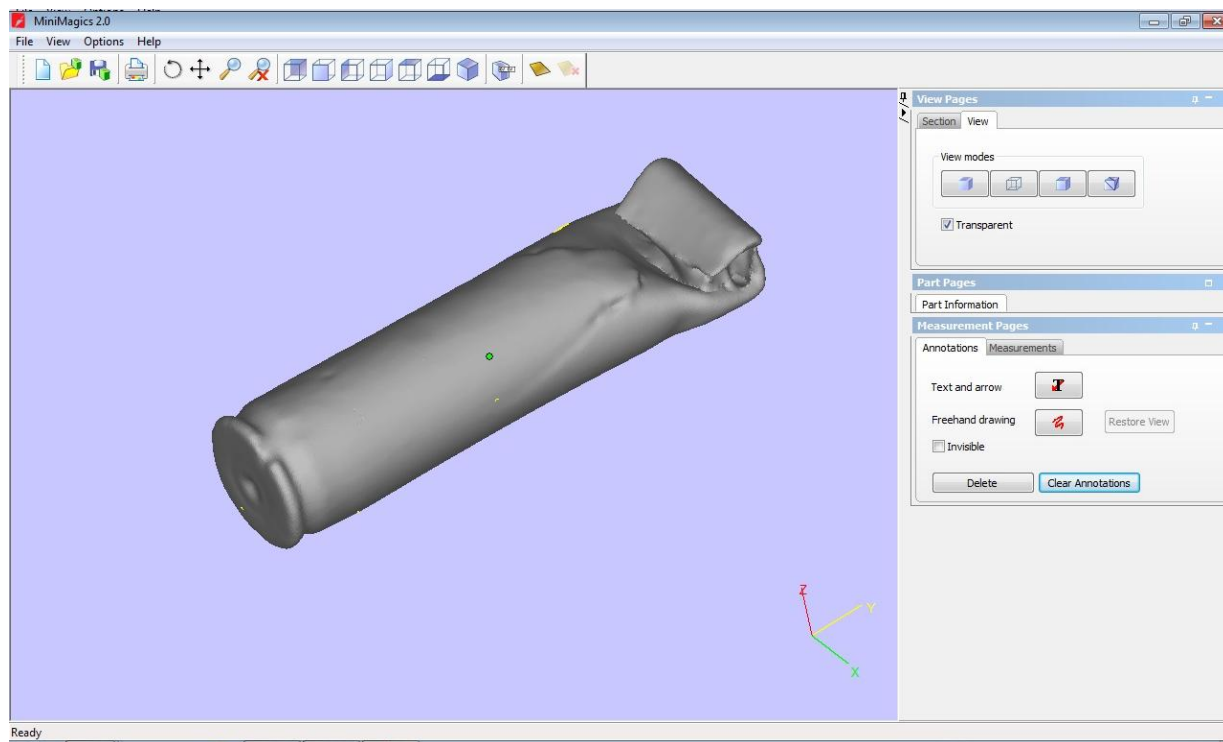


Ilustración 256 – Vaina de Bala Curva

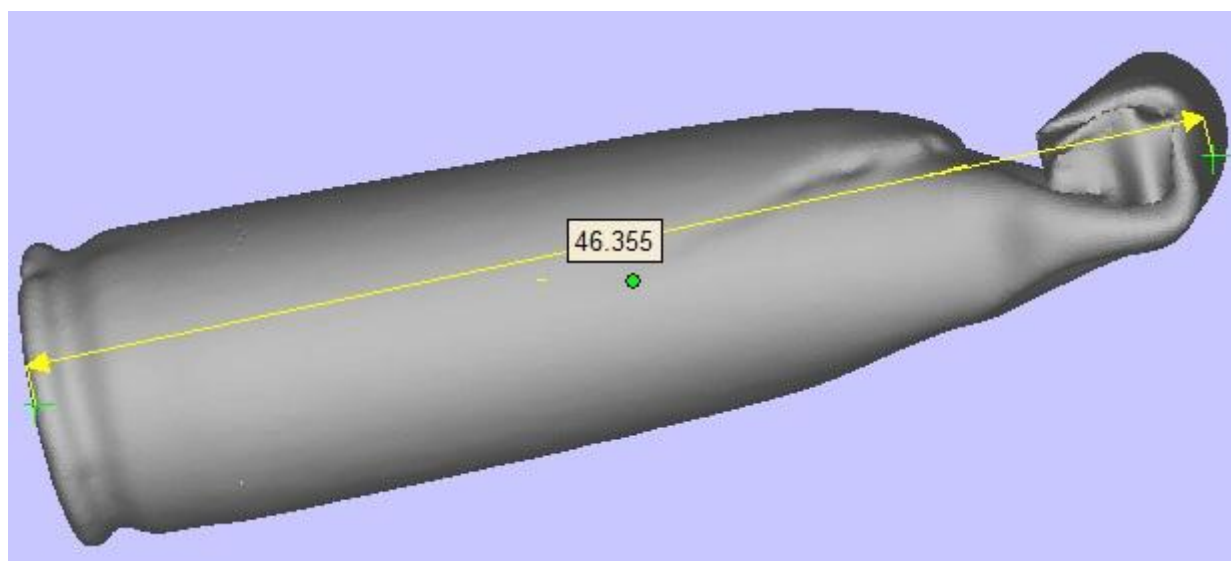


Ilustración 257 – Vaina de Bala Curva en MiniMagics

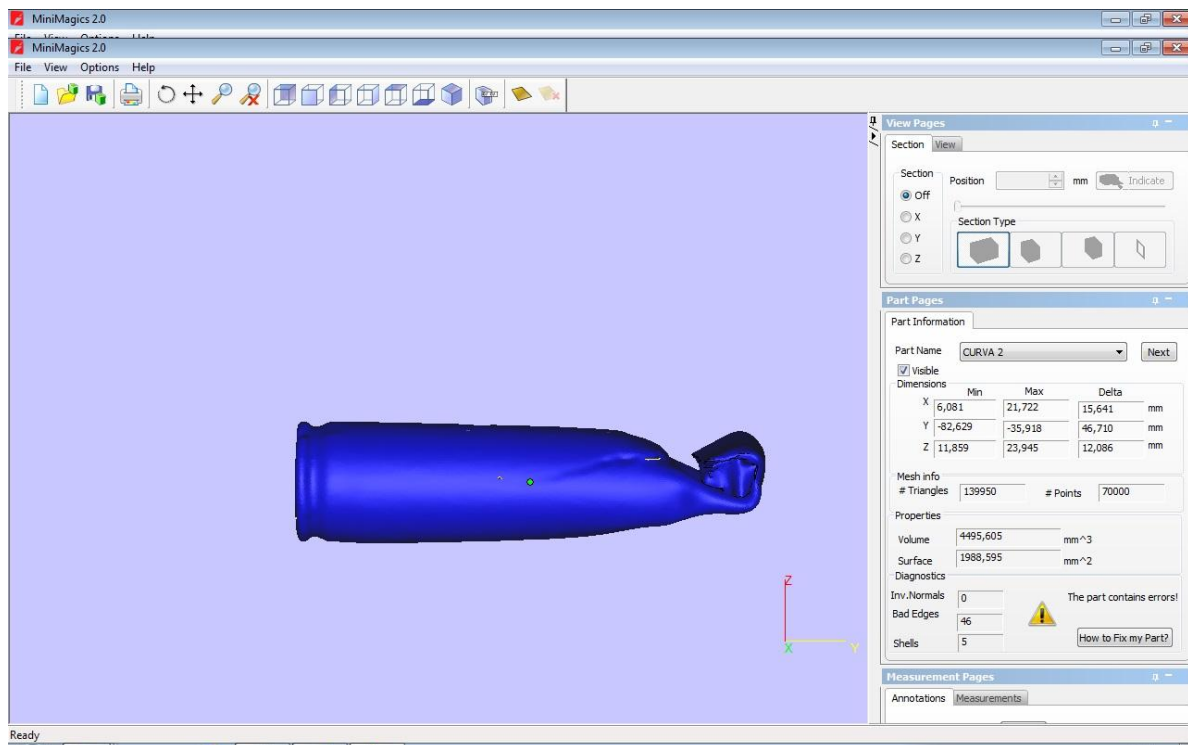


Ilustración 258 – Vaina de Bala Curva en Ascii

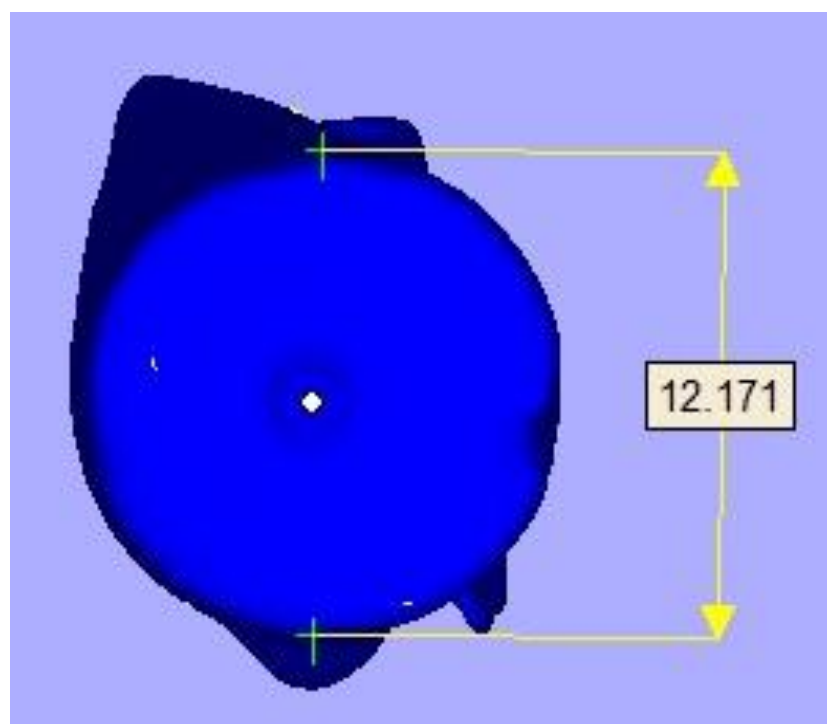


Ilustración 259 – Acotación de la Vaina de Bala Curva



### 9.5. COMPARACIÓN DE MEDICIONES

Las vainas se dimensionaron con un flexómetro, cuya precisión se establece en la tercera parte de la mínima división. Dado que la mínima división es el milímetro, consideramos que la precisión de la medición con el flexómetro es de 0,333 mm. A continuación compararemos los resultados con los dos métodos de medida.

	MiniMagics	Flexómetro (mm)	Diferencia (mm)
PARDA	53,4	53	0,4
	13,3	14	-0,7
	7,2	8	-0,8
OXIDADA	53,4	53	0,4
	13,7	14	-0,3
	8,3	8	0,3
CURVA	46,4	46	0,4
	12,2	12	0,2

Tabla de mediciones del conjunto de Vainas de Bala

Dado que la precisión del flexómetro es de un tercio de milímetro y que las diferencias entre las medidas son de cuatro décimas de milímetro como máximo, se verifica la bondad de los resultados y una precisión final de los modelos superior a 1 mm, tolerancia establecida en este PFC.

## 10. PRESUPUESTO

En esta parte del proyecto, mostraremos los diversos cálculos que han sido realizados para poder conocer el coste real que ha supuesto el desarrollo del trabajo. En ella, podrán observarse varias tablas con datos diferentes que mostrarán directamente los diversos factores que entran en juego a la hora de realizar el presupuesto.

El cálculo del presupuesto para un Proyecto Fin de Carrera similar al realizado, será diferente para un proyecto de carácter privado. En nuestro caso, con la finalidad de estimar un coste simularemos que nuestro proyecto ha sido llevado a cabo por una empresa que desarrolla su trabajo para el ámbito privado.

La elaboración de un presupuesto consiste en evaluar los costes que se han producido a la hora de la ejecución y desarrollo del mismo. Los costes generados se pueden dividir en costes directos e indirectos.

Por ejemplo, los costes directos, como su propio nombre indica, son los costes que intervienen o afectan directamente en el proceso de producción como pueden ser, la mano de obra, los materiales, etc. Por contra, los costes indirectos son los necesarios para el mantenimiento de una empresa, como el alquiler de oficina, energía eléctrica, mantenimiento de vehículos de empresa, etc.

Estos últimos quedan reflejados en el presupuesto, partiendo de que tratamos con una empresa ficticia como la realizadora del proyecto, con unos costes indirectos o gastos generales de 20 €uros al día, que obtiene el 15% del coste como beneficio empresarial y aplica el 21% de IVA.

Detallaremos a continuación, en las siguientes tablas, todos los costes del proyecto y el coste total del mismo, desglosándolo según las actividades realizadas.

El orden de aparición de las tablas que componen el apartado del presupuesto será el siguiente:

- Tabla de Gestiones
- Tabla de Escaneados
- Tabla de Modelos Tridimensionales
- Tabla de realización de la Memoria

PROYECTO	REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE VAINAS DE BALA DE LA BATALLA DEL JARAMA DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA, MEDIANTE TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER 3D.				
ACTIVIDAD	GESTIONES				
COSTE BÁSICO	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	MANO DE OBRA	8 HORAS	I.T.TOPÓGRAFO	20,00 EUROS	160,00 EUROS
	MATERIALES				
	TOTAL COSTE BÁSICO				160,00 EUROS
COSTE GENERAL DE PRODUCCIÓN	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	INSTRUMENTAL				
	TRANSPORTE				
	DIETAS	3	I.T.TOPÓGRAFO	15,00 EUROS	45,00 EUROS
TOTAL COSTE DE PRODUCCIÓN				45,00 EUROS	
COSTES INDIRECTOS	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	COSTES GENERALES	3 DÍAS	COCHE	20,00 EUROS	60,00 EUROS
	TOTAL COSTES INDIRECTOS				60,00 EUROS
	COSTE FINAL DE LAS GESTIONES				265,00 EUROS

Ilustración 260 - Tabla de Gestiones

REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE VAINAS DE BALA DE LA BATALLA DEL JARAMA DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA, MEDIANTE TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER 3D.					
PROYECTO	ESCAÑEADOS CON LÁSER ESCÁNER 3D				
ACTIVIDAD					
COSTE BÁSICO	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	MANO DE OBRA	15 HORAS	I.T.TOPOGRAFO	20,00 EUROS	300,00 EUROS
	MATERIALES				
	TOTAL COSTE BÁSICO				300,00 EUROS
COSTE GENERAL DE PRODUCCIÓN	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	INSTRUMENTAL	2 DÍAS	LÁSER ESCÁNER 3D	150,00 EUROS	300,00 EUROS
		2 DÍAS	ORDENADOR	5,00 EUROS	10,00 EUROS
		2 DÍAS	SOFTWARE ESPECÍFICO	30,00 EUROS	60,00 EUROS
	DIETAS	2 DÍAS	I.T.TOPOGRAFO	15,00 EUROS	30,00 EUROS
	TOTAL COSTE DE PRODUCCIÓN				400,00 EUROS
COSTE FINAL DE LOS ESCAÑEADOS CON LÁSER ESCÁNER 3D					700,00 EUROS

Ilustración 261 - Tabla de Escaneados



PROYECTO	REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE VAINAS DE BALA DE LA BATALLA DEL JARAMA DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA, MEDIANTE TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER 3D.				
ACTIVIDAD	OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL				
COSTE BÁSICO	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	MANO DE OBRA	40 HORAS	I.T.TOPÓGRAFO	20,00 EUROS	800,00 EUROS
	TOTAL COSTE BÁSICO				800,00 EUROS
COSTE GENERAL DE PRODUCCIÓN	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	INSTRUMENTAL	5 DÍAS	ORDENADOR	5,00 EUROS	25,00 EUROS
		5 DÍAS	SOFTWARE ESPECÍFICO	30,00 EUROS	150,00 EUROS
	DIETAS	5 DÍAS	I.T.TOPÓGRAFO	15,00 EUROS	75,00 EUROS
TOTAL COSTE DE PRODUCCIÓN					250,00 EUROS
COSTES INDIRECTOS	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL
	COSTES GENERALES	5 DÍAS	OFICINA, VEHÍCULO, ETC,...	20,00 EUROS	100,00 EUROS
	TOTAL COSTES INDIRECTOS				100,00 EUROS
COSTE FINAL DE LA OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL					1150,00 EUROS

Ilustración 262 - Tabla de Modelos Tridimensionales

PROYECTO	REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL DE VAINAS DE BALA DE LA BATALLA DEL JARAMA DE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA, MEDIANTE TECNOLOGÍA LÁSER ESCÁNER 3D.						
ACTIVIDAD	REDACCIÓN DE LA MEMORIA						
COSTE BÁSICO	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL		
	MANO DE OBRA	40 HORAS	I.T.TOPÓGRAFO	20,00 EUROS	800,00 EUROS		
		MATERIALES	1	FOLIOS A4 (500)	10,00 EUROS	10,00 EUROS	
			2	DVD	2,00 EUROS	4,00 EUROS	
	TOTAL COSTE BÁSICO						814,00 EUROS
COSTE GENERAL DE PRODUCCIÓN	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL		
	INSTRUMENTAL	20 DÍAS	ORDENADOR	5,00 EUROS	100,00 EUROS		
		1	IMPRESORA	40,00 EUROS	40,00 EUROS		
	DIETAS	20	I.T.TOPÓGRAFO	15,00 EUROS	300,00 EUROS		
	TOTAL COSTE DE PRODUCCIÓN						440,00 EUROS
COSTES INDIRECTOS	CONCEPTO	UNIDADES	CLASE	COSTE DE UNIDAD	COSTE TOTAL		
	COSTES GENERALES	20 DÍAS	OFICINA, VEHÍCULO, ETC....	20,00 EUROS	400,00 EUROS		
	TOTAL COSTES INDIRECTOS						400,00 EUROS
	COSTE FINAL DE LA MEMORIA						1654,00 EUROS

Ilustración 263 - Tabla de la Memoria

COSTE FINAL DE LAS GESTIONES	265,00 EUROS
COSTE FINAL DE LOS ESCANEADOS CON LÁSER ESCÁNER 3D	700,00 EUROS
COSTE FINAL DE LA OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL	1150,00 EUROS
COSTE FINAL DE LA MEMORIA	1654,00 EUROS
<b>COSTE TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>3769,00 EUROS</b>
BENEFICIO INDUSTRIAL (15%)	565,35 EUROS
SUMA	4334,35 EUROS
I.V.A. (21%)	910,2135 EUROS
<b>COSTE FINAL</b>	<b>5244,56 EUROS</b>

Ilustración 264 – Suma de costes y aplicación de B.I e I.V.A.

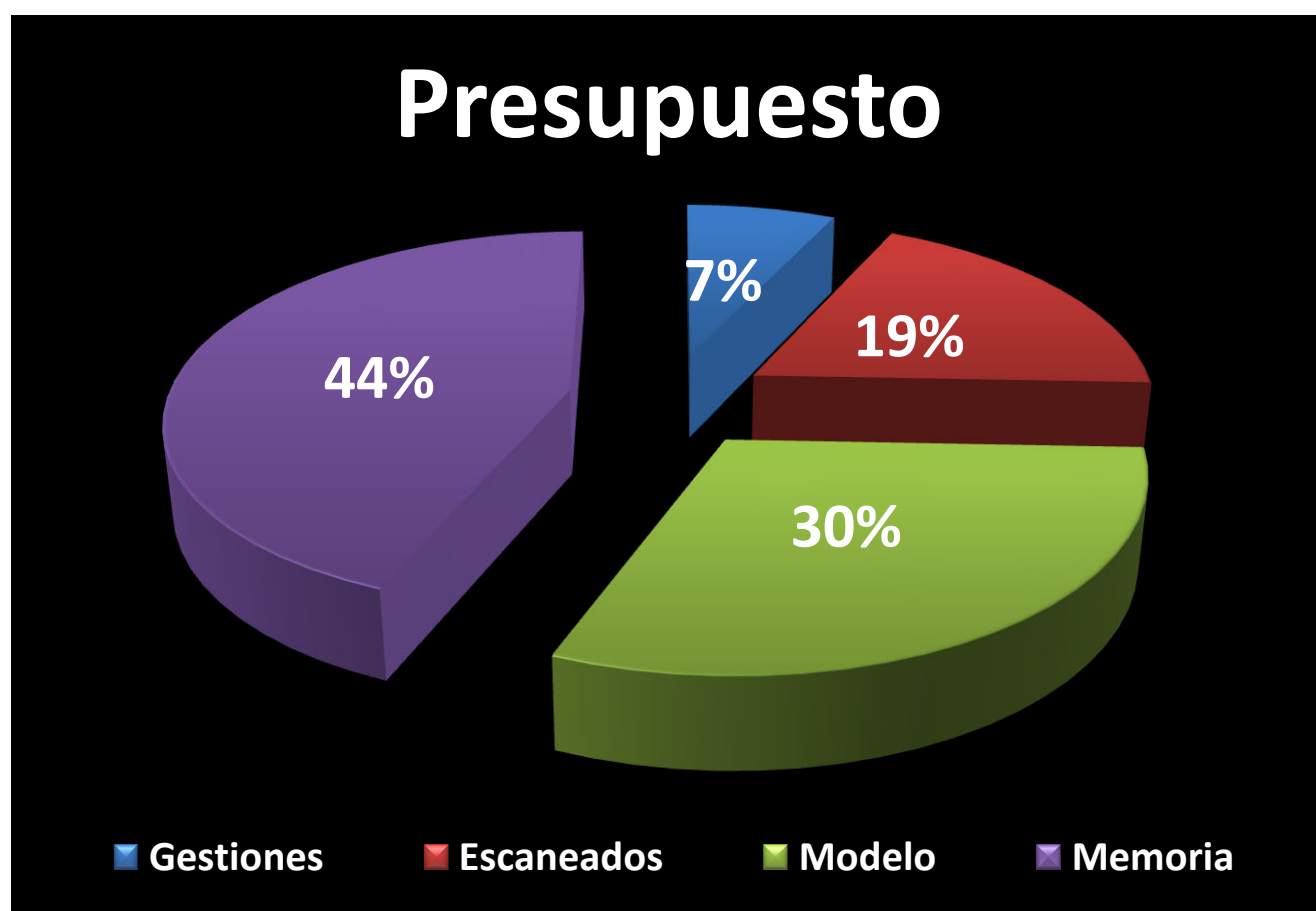


Ilustración 265 – Distribución del Presupuesto por Actividades

## 11. CONCLUSIONES

Este proyecto que recibe el nombre de "Representación Tridimensional de Vainas de Bala de la Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española, mediante utilización de tecnología escáner láser 3D", ha sido realizado con una de las tecnologías más punteras en el campo de la captura, manipulación y modelado tridimensional de datos.

El equipo escáner láser Tridimensional NextEngine permite capturar una gran cantidad de datos y volumen de archivos en una cantidad muy escasa de tiempo y además consiguiendo un detalle más que óptimo en el trabajo realizado, siendo posible también la manipulación de estos datos obtenidos en tiempo real.

El tamaño del equipo escáner láser NextEngine, su coste y la relativa sencillez de utilización y manejo del mismo, hacen que el equipo sea ideal para todo tipo de trabajo en el que se pretenda registrar tridimensionalmente piezas de todo tipo y enfocadas a cualquier trabajo, ya sean dentro del campo arqueológico y por ello, histórico o dentro del campo de las nuevas tecnologías, como pueda ser para trabajos de ingeniería de motores.

El procesamiento y posterior tratamiento de los datos es la parte más compleja y la que más tiempo ocupará en el desarrollo y proceso del trabajo. Esto se debe a la gran cantidad de datos a procesar y a la capacidad que debe ocupar cada uno de ellos, con lo que se dificulta su manejo, a medida que estos archivos aumentan su volumen. Es por ello, por lo que necesitaremos un ordenador con una gran capacidad de procesamiento, de almacenamiento y de velocidad para realizar los procesos con la mayor rapidez posible.

Consideramos que el objetivo global del Proyecto está conseguido, ya que los modelos tridimensionales son válidos, habiéndose obtenido una geometría completa y detallada, con una precisión por debajo del milímetro; y se ha analizado el potencial del equipo para esta aplicación.

Los profesionales del patrimonio cultural, creen que la conservación de los restos arqueológicos es un beneficio social. El patrimonio proporciona los mecanismos intelectuales y emocionales para comprender nuestra identidad y nuestra continuidad cultural. Es un recordatorio de donde procedemos, de quiénes somos y lo que seremos o queremos llegar a ser. Además, comunica estas condiciones culturales a otras comunidades humanas y por lo tanto, contribuye a fomentar la tolerancia entre culturas e individuos. De ello concluimos la necesidad de buscar, experimentar y aplicar tecnologías que faciliten, flexibilicen, mejoren y divulguen la información que acerca de ello tenemos.

La modernización tridimensional de restos arqueológicos como son las Vainas de Bala, es una técnica imprescindible y su uso será normalizado en pocos años.



La principal ventaja del equipo escáner láser Tridimensional es la posibilidad de manipular objetos que pueden o no ser frágiles y obtener mediciones detalladas a través de una reconstrucción digital.

Los datos escaneados son fácilmente manipulables estadística y gráficamente con el software adecuado. Además, las reconstrucciones digitales de objetos pueden permitir un intercambio eficiente de información que normalmente sólo se puede obtener mediante la observación directa limitada del objeto.

La capacidad de mostrar reconstrucciones digitales tridimensionales y poder compartir estos con el resto de la comunidad científica ayuda enormemente a la divulgación investigadora, también en las presentaciones educativas con ilustraciones tridimensionales y vídeos para ayudar a comunicar el conocimiento científico a la opinión pública.


Podremos avanzar ya que esta aplicación permitirá abrir caminos:

- Reconstrucción digital de imágenes tridimensionales completas, de objetos que están fragmentados, parcialmente fragmentados o deteriorados.
- Reproducción física de modelos equiparables a los originales y que permitan su manipulación evitando los riesgos que conllevan el trabajar con las cerámicas.
- Identificar materiales con los que están hechos, lo que permitirá adentrarnos en la morfología de la península en aquellos momentos de la historia.
- Reconstrucción de dibujos e imágenes que hablen de su cultura, técnicas que empleaban o rituales que se practicaban.
- Museos virtuales que faciliten el trabajo de la comunidad científica y acerquen la cultura de cualquier país a los ojos de cualquier persona interesada en todo el territorio mundial.

Los calibres de las vainas de bala del PFC son los calibres 7,62x64 R Mosin para las vainas Parda Grande, Oxidada y Limpia, el calibre 7,65x54 Mauser para la vaina Curva y 8x42 Brixia para la vaina Parda Pequeña.

Se ha conseguido generar modelos impresos de las vainas de bala mediante impresoras 3D gracias a los ficheros y modelos obtenidos en este Proyecto Fin de Carrera.

## 12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESCÁNER LÁSER



NEXTENGINE 3D SCANNER

HD

TECHSPECS

ARCHITECTURE

Measurement System	NextEngine proprietary MultiStripe Laser Triangulation (MLT) technology. Patents Pending.	
Source	Twin arrays of four, Class 1M, 10 mW solid-state lasers with custom optics. 650 nm wavelength.	
Sensor	Twin 3.0 Megapixel CMOS image sensors.	
Photo Surface	Optically synchronous 7-color surface capture for precision-locked geometry correlation.	
Photo Lighting	Built-in spatially diverse whitelight texture illuminators with tri-phosphor, wide color gamut.	
AutoDrive™	High-precision rotary servo positioner, auto-incremented under scanner control. 20 lb capacity.	
PartGripper™	Universal part holder to adjust height, angle, and orientation of capture. 10 lb capacity.	

SOFTWARE

ScanStudio HD™	Software to Scan, Align, Polish, and Fuse 3D Models. High-performance OpenGL 3D viewer.	
SolidWorks Integration	Scan inside SolidWorks (Office Premium 2007 + later). Click to toggle between scanning/design.	
Native File Format	SolidWorks + NextEngine co-developed native format. No import or export needed.	
Standalone Use	ScanStudio also works outside SolidWorks for creation of standard-format scan-output files.	
Format Options	Scan data can be output as mesh file formats: STL, OBJ, VRML, XYZ, U3D, and PLY files.	
File Size	20MB for typical model, based on 10 facet scans.	
Modeling Tools	Assemble views into a model conveniently with built-in Smart Alignment and trim tools.	
ScanStudio HD™	Points-to-Mesh solution. Drives scanner and builds 3D mesh models.	Standard
ScanStudio HD PRO™	Delivers 2X scan speed, 4X raw point data, and offers Large Object (23" x 17") mode.	\$995
ScanStudio CAD TOOLS™	Points-to-NURBS solution. Adds surfacing and spline output to speed CAD modeling.	\$995
RapidWorks™	State-of-the-art Points-to-CAD engineering tool. Build solid models with feature trees.	\$2,995

PERFORMANCE

Object Size	No preset limit. Objects larger than field can be composite-captured with supplied software.	
Field Size	5.1" x 3.8" (Macro) and 13.5" x 10.1" (Wide). ("Soda can" and "shoebox" sizes, respectively.)	
Capture Density	Capture density on target surface is up to 160K points/in² (Macro) and 22.5K points/in² (Wide).	
Texture Density	400 DPI on target surface in Macro Mode and 150 DPI in Wide Mode.	
Dimensional Accuracy	±0.005" in Macro Mode and ±0.015" in Wide Mode.	
Acquisition Speed	50,000 processed points/sec throughput. Typically 2 minutes per scan of each facet.	
Typical Datasets	Typical small models are a quarter-million points, after oversampling and optimization.	
Environmental	Desktop use under ordinary office lighting. No darkroom or special backgrounds required.	

GENERAL

Minimum Requirements	2GHz Dual Core, 2GB RAM, 256MB graphics, Windows XP / Vista / 7.	
Recommended System	4+ GB RAM, 512+ MB graphics. 64-bit Windows XP/Vista / 7.	
Interface	USB 2.0 high-speed interface. USB cable included.	
Power	100 – 240 VAC built-in worldwide auto-switching power supply. AC cable included.	
Eye Safe	Beam is about 1/1000th brightness of a laser pointer (but avoid looking into beam).	
Tripod Mount	Stainless steel 1/4" 20-thread standard screw mount for tripod setups.	
Size	Compact 8.8" x 3.6" (letter size) desktop footprint. 10.9" high. Approximately 7 lbs.	

Ilustración 266 – Especificación Técnica de NextEngine

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Ana Pantoja Lorenzo. (2014) "Obtención del modelo tridimensional de una pieza de terracota mediante tecnología escáner láser 3D". Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid.

- Álvaro Aaron Solera Arganda (Junio 2012). "Obtención del modelo tridimensional de una vasija precolombina de la cultura Nazca-Perú mediante sistemas escáner láser 3D". Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid.

[http://www.geo.upm.es/userfiles/file/LecturaPFC/Memoria\\_PFC\\_200.pdf](http://www.geo.upm.es/userfiles/file/LecturaPFC/Memoria_PFC_200.pdf)

- Mercedes Farjas. "Aulaweb Topografía II". Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid. España.

- Manual de usuario NextEngine 3.

- Manual de usuario NextEngine SCANSTUDIO CORE 1.7.0.

- NextEngine Desktop 3D Scanner. [www.nextengine.com](http://www.nextengine.com)

- Información acerca de La Batalla del Jarama de la Guerra Civil Española:

[es.wikipedia.org/Batalla\\_del\\_Jarama](http://es.wikipedia.org/Batalla_del_Jarama)

[www.parquelineal.es/guerracivil/batalla-del-jarama](http://www.parquelineal.es/guerracivil/batalla-del-jarama)

<http://archivo.ayto-arganda.es/documentos/BATALLADELJARAMA.PDF>

[http://www.academia.edu/927442/Arqueolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_Batalla\\_del\\_Jarama](http://www.academia.edu/927442/Arqueolog%C3%ADa_de_la_Batalla_del_Jarama)

<http://guerracivil.municion.org/inici.php>